

Joana Veiga Ferreira Martins

Caracterização de Resíduos Plásticos na Costa Portuguesa
– Será um Microproblema?

Lisboa

2011

Caracterização de Resíduos Plásticos na Costa Portuguesa – Será um Microproblema?

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**Caracterização de Resíduos Plásticos na Costa Portuguesa – Será um
Microproblema?**

Joana Veiga Ferreira Martins

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Engenharia Ecológica

Orientação: Professora Doutora Maria Paula Oliveira Sobral

Lisboa

2011

ii

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Paula Sobral, por toda a ajuda, tempo, incentivo e valiosas sugestões para a construção da dissertação.

À Professora Doutora Maria de João Melo, Professora do Departamento de Conservação e Restauro da FCT/UNL, pela cooperação através do acompanhamento e cedência na utilização do método analítico de Espectroscopia de Infra-vermelho por Transformada de Fourier e à Engenheira Catarina Miguel e Doutora Joana Lia pelo apoio durante a utilização do método e na interpretação de resultados.

À Engenheira Ana Maria Ferreira, Engenheira Isabelina e Doutoranda Marta Martins, Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, pela colaboração e empenho na análise exaustiva de Poluentes Orgânicos Persistentes.

À Lurdes Soares, ex-coordenadora do Projecto CoastWatch em Portugal, pela prestabilidade e disponibilização de dados referentes às campanhas de 2006, 2007 e 2008 e respectivos relatórios.

A quem especificamente me ajudou na partilha de informação, trabalho de campo, análise laboratorial e inserção de dados no computador, nomeadamente à minha mãe, ao Gabriel Melo, ao João Frias, ao Jorge Arteaga e à não menos importante por ser a última nomeada Ana Ribeiro.

A todos os outros que me acompanharam, apoiaram, criticaram, animaram para construtivamente incentivar o crescimento do trabalho, e alguns com quem passei dias e noites de trabalho intensivo, Teresa Meira, Taitiana Medina, Patrícia Barros, Melanie Rosalino, Rita Reis, Ângela Abreu, Ivo Louro, André Lemos, aos colegas de gabinete Pedro Costa, Sofia Marques, a todos vós e ainda ao meu pai, irmãos e família e por último à Joana Martins.

Resumo

A poluição marinha por resíduos plásticos constitui um enorme desafio à integridade dos oceanos, a uma escala global. A elevada persistência do material plástico, bem como as medíocres estratégias de gestão do ciclo de vida e consequente elevado volume de resíduos descartados que entra nas massas de água, promove a acumulação ao longo dos rios, mares e oceanos e linhas de costa.

A monitorização realizada em praias e oceanos e a análise do plástico recolhido demonstram evidências preocupantes: efeitos físicos e ecotoxicológicos na fauna marinha, resultantes da ingestão de plásticos devido à adsorção de poluentes orgânicos persistentes (POP) e outros compostos químicos, transporte de espécies invasoras e outros impactes económicos e sociais.

A costa portuguesa é vulnerável à acumulação de resíduos plásticos no mar e nas praias. Por conseguinte o presente estudo teve como objectivos: realizar um programa de amostragem e trabalho laboratorial para identificar as principais categorias de plástico acumuladas (micro a macro-dimensões) em praias específicas, determinar concentrações de POP em *pellet* e avaliar o estado da costa.

Amostras de sedimento e plástico foram recolhidas em 10 praias (2 cm superficiais de sedimento), de acordo com 3 técnicas: 1) quadrados 0,5x0,5 m e 2) quadrados 2x2 m, para avaliar as categorias de plástico, isto é, tipos e dimensão do plástico através do número de itens (n) e peso (g) (incluindo partículas <5 mm e >20 µm em diâmetro) e 3) transectos de 2 m entre as linhas de baixa e preia-mar para avaliar o estado da costa, com recurso ao índice *Clean Coast Index* (apenas partículas >5 mm em diâmetro). Alguns microplásticos foram seleccionados para identificação dos polímeros constituintes pela técnica de Espectroscopia de Infravermelhos por Transformada de Fourier (micro-FTIR), cujas respostas espectrais das amostras foram posteriormente comparadas com a base de dados do Programa Thermo Nicolet® OMNIC FTIR para identificação dos polímeros. Para analisar as concentrações de POP os *pellet* foram separados em três grupos – *pellet* brancos, envelhecidos e coloridos. As concentrações de PAH, PCB e DDT foram determinadas através de Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa (GC-MS).

Pellet plásticos, poliestireno e fragmentos plásticos corresponderam ~90 % da abundância total, e relativamente às classes de tamanho (partículas entre 50 µm e 20 cm), quanto mais

pequenas as partículas, maior a abundância (~90 % com diâmetro inferior a 10 mm, como esperado dados os processos de degradação promovidos pelo tempo de residência no mar. Foram encontradas diferenças significativas nos tipos de plástico de maior número entre as 5 praias estudadas, à excepção dos *pellet* em quadrados 0,5x0,5 m (ANOVA, $p < 0,05$, $F_{\text{critico}} = 2,78$).

A avaliação do Estado da Costa demonstrou que quatro das cinco praias estão “muito limpas” e a praia do Carvalhal “moderadamente limpa”. É importante ressaltar que mais praias deveriam ser amostradas para que a variabilidade dos resíduos plásticos marinhos na costa portuguesa possa ser melhor avaliada. O estudo da influência das fontes marinhas e terrestres, fisiografia das praias, forma, orientação e dinâmica e condições meteorológicas é essencial para uma melhor interpretação das quantidades e tipos de resíduos plásticos amostrados.

Os polímeros identificados através do micro-FTIR foram: polietileno, poliestireno, polietil, poliéster e uma fibra não especificada. As concentrações de POP foram muito diversas, tal que: tPCB: 5,6-105,2 ng.g⁻¹, tPAH: 44,7-477,8 ng.g⁻¹, tDDT: 1,2-85,87 ng.g⁻¹. Os resultados demonstram a elevada concentração de POP em *pellet* envelhecidos, devido à maior razão superfície/volume (como salientado por Endo et al. 2005) o que poderá verificar-se também em outro tipo de resíduos plásticos envelhecidos. Os microplásticos foram os plásticos recolhidos mais abundantes. Os *pellet* envelhecidos e coloridos são mais confundidos com alimento do que os *pellet* brancos, e dessa forma, mais ingeridos pelos organismos marinhos como verificado por este último autor, pelo que constituem um preocupante veículo para a ingestão de POP pela biota marinha.

Incluir os microplásticos na avaliação de resíduos marinhos amostrados traz uma nova perspectiva a este género de estudos, dado que os plásticos tendem a degradar-se até partículas cada vez mais pequenas, cujas dimensões permanecem desconhecidas ou pouco estudadas. Para facilitar a comparabilidade de estudos é necessária a normalização de métodos entre estudos de monitorização. A investigação deve focar-se em estudos com longos períodos de tempo em áreas propícias à acumulação de resíduos.

Palavras-chave: Plásticos, Poluição marinha, Praias, Amostragem, POP, *Pellet*.

Abstract

Plastic marine pollution constitutes a major threat to ocean integrity, in a global scale. The high persistence of plastic material, together with poor lifecycle management strategies and consequent discard of high volumes of plastic entering the water streams, promote accumulation throughout the sea and coastlines.

Beach surveys, ocean monitoring programs and collected plastic analysis show that there are reasons for concern: physical effects on marine fauna, ecotoxicological effects from ingestion of plastics due to adsorption of persistent organic pollutants (POP) and other chemicals, alien species transport, and other economical and social reasons.

Portugal coast is vulnerable to plastic accumulation on the sea and beaches. Consequently, the present study was defined with the following goals: carry on a sampling program and laboratorial work to identify the main categories of plastic found in selected beaches (from micro to macro size), determine POP concentrations in *pellet* and evaluate the coastline state. Sediment and plastic samples were collected from 10 beaches (from the 2 cm upper layer) according to three different approaches: 1) 0,5x0,5 m quadrats and 2) 2x2 m quadrats, to assess plastic categories, i. e., size and type of plastic in abundance and weight (including particles <5 mm and >20 µm in diameter) and 3) 2 m transects between low-high tide marks to evaluate the state of the coast, by calculating the *Clean Coast Index* (only particles >5 mm in diameter).

Some microplastics were set apart for polymer identification through Fourier transformed infra-red spectroscopy (micro-FTIR), resulting in samples spectral answers that are compared with the Thermo Nicolet® OMNIC FTIR database to identify the polymer present. To analyse POP concentrations, *pellet* were separated according to colour in three groups - white, aged and colored *pellet*. Concentrations of PAH, PCB and DDT were determined through gas chromatography mass spectrometry (GC-MS).

Plastic *pellet*, styrofoam and plastic fragments accounted for ~90 % of the total abundance of plastic debris, and in relation to size categories (particles from 50 µm to 20 cm) the smaller the plastic, higher is its abundance (~90 % under 10 mm of diameter), as expected due to degradation processes enhanced by residence time in the sea. Significant differences were

found in plastic types with the highest abundance, among the 5 beaches studied, with exception of *pellet* in 0,5x0,5 m quadrats (ANOVA, $p < 0,05$, $f=4$).

The evaluation of the coast state using *Clean Coast Index* demonstrated that 4 of the 5 beaches studied are “very clean”, and only 1 was identified as “moderated clean”. It’s important to remark that more beaches should be surveyed so that the variability of plastic marine debris at the Portuguese coastline can be assessed. An accurate evaluation of the influence of sea and land sources, beaches physiography, form, orientation and dynamics, and meteorological conditions are essential to better understand the amounts and types of beach stranded plastic debris.

Polymers identified through micro-FTIR were polyethylene, polystyrene, polyethyl, polyester and unspecified fiber. POP concentrations are variable, as tPCB: 5,6-105,2 ng.g⁻¹, tPAH: 44,7-477,8 ng.g⁻¹, tDDT: 1,2-85,87 ng.g⁻¹. Obtained results point for POP higher concentrations in aged *pellet*, due to higher surface/volume ratio (as remarked by Endo et al. 2005) which can possibly be verified in other type of aged microplastic debris. Microplastics were the more abundant plastic collected and aged and colored *pellet* are more mistaken for food, and thus ingested by marine organisms as verified by the same author. These facts are worrisome due to the important vehicle of microplastics in the POP ingestion by marine biota.

Including microplastics in stranded marine debris assessment brings a novel insight into this type of analysis, as plastics are expected to degrade and break into smaller pieces, of which size is unknown.

For the sake of comparability, a standardization of methods for monitoring plastic debris must be done. Research should focus on long-term studies in hot spots where higher debris accumulation is predicted (by modelling and other techniques that track marine debris).

Keywords

Plastic, Marine Pollution, Beaches, Sampling, POP, *Pellet*.

Simbologia e Acrónimos

BPA – bisfenil A

CCI – Clean Coast Index

DDD – dicloro-difenil-dicloroetano

DDE – dicloro-difenil-dicloroetileno

DDT– dicloro-difenil-tricloroetano

EPA - Environmental Protection Agency

ERA – Environmental Risk Analysis

FTIR – Espectroscopia de Infravermelhos por Transformada de Fourier

GC-MS - Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa

GESAMP - Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution

HDPE - polietileno de alta densidade

IPIMAR - Instituto de Investigação das Pescas e do Mar

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

Pellet – unidade plástica de pré-produção

PAH – hidrocarboneto aromático policíclico

PBT – persistente, bioacumulativo e toxico

PCB – bifenil policlorado

PE - polietileno

PET - politereftalato de etileno

PHA – polihidroxialcanoato

PIB – Produto Interno Bruto

PL - poliéster

PLA – ácido poliláctico

POP - poluente orgânico persistente

PS – poliestireno

PVC – policloreto de vinil

Índice

1.	Introdução	16
1.1	Breve Introdução Geral	16
1.1.2	Objectivos do estudo	18
1.2	Contaminação do meio marinho por plásticos	20
1.2.1	Produto de consumo <i>versus</i> resíduo	20
1.2.3	Quando o plástico desemboca no mar... ..	26
1.2.4	Prevenção dos resíduos marinhos.....	34
1.2.5	Casos de estudo na monitorização de resíduos marinhos.....	36
2.	Metodologia de estudo.....	43
2.1	Plano de trabalho	43
2.2	Caracterização da área em estudo.....	44
2.2.1	Introdução.....	44
2.2.2	Praias em estudo	46
2.2.3	Plano de amostragem.....	51
2.2.3.1	Método de amostragem	51
2.2.3.2	Programa de amostragem	53
2.2.4	Análise no laboratório	53
2.2.4.1	Categorização dos resíduos plásticos por tipo e dimensão.....	53
2.2.4.2	Espectroscopia de Infra-vermelhos por Transformada de Fourier	56
2.2.4.3	Poluentes orgânicos persistentes em <i>pellet</i>	57
2.2.4.4	Aplicação do índice <i>Clean Coast Index</i>	58
3.	Resultados.....	60
3.1	Categorização dos resíduos plásticos por tipo e dimensão.....	60
3.1.1	Análise do tipo e dimensão dos plásticos por praia.....	65
3.1.2	Análise Estatística - ANOVA a um factor	75
3.2	Espectroscopia de infra-vermelhos por Transformada de Fourier	77
3.3	Poluentes orgânicos persistentes em <i>pellet</i>	80
3.4	Aplicação do Índice <i>Clean Coast Index</i>	87
3.5	Análise Final com abordagem ao modelo <i>Driver-Pressure-State-Impact-Response</i>	90
4.	Discussão	93
4.1.	Categorização dos resíduos plásticos por tipo e dimensão	93
4.2.	Poluentes orgânicos persistentes em <i>pellet</i>	96
4.3.	Aplicação do Índice <i>Clean Coast Index</i>	98
5.	Conclusão, Sugestões e Perspectivas Futuras.....	100
5.1	Conclusão	100

5.2 Considerações finais	102
Referências Bibliográficas.....	105
Anexos.....	117
Anexo 1 - Estudo sobre o Impacte Humano Marinho: Costa Portuguesa.....	118
Anexo 2 - Registo de dados durante amostragem.....	120
Anexo 3 - Classes originais de Ogi e Fukumoto (2010) para Categorização de Resíduos Plásticos.....	121
Anexo 4 - Técnicas utilizadas para identificação de PCB, DDT e PAH.....	122
Anexo 5 - Condições meteorológicas e do mar durante a amostragem.....	124
Anexo 6 - Registos fotográficos da categorização feita por tipo de resíduos plásticos.....	126
Anexo 7 - Resultados da ANOVA a um factor aplicada às principais classes de resíduos plásticos entre praias.....	136
Anexo 8 - Concentrações de POP em pellet pela técnica de Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa.....	142
Anexo 9 - Espectros para identificação de polímeros pela técnica de Espectroscopia de Infravermelhos por Transformada de Fourier.....	143

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Produção Mundial de Plástico (Fonte: Plastics Europe, 2010).....	23
Figura 1.2 – Acumulação de plástico no sedimento de uma ilha remota no Arquipélago de Bazaruto, Moçambique.....	31
Figura 1.3 – A) produção de garrafas de água (Courrier 2008); B) estudo sobre a produção de resíduos plásticos (BBC 2008); C) recuperação de resíduos num rio (Courrier 2009).....	36
Figura 2.1 – Plano de trabalho detalhado.....	43
Figura 2.2 – Localização dos locais de amostragem (mapa do Instituto Geográfico Português, s.d).....	51
Figura 2.3 – A) resíduos na linha de preia-mar (Praia do Carvalhal); B) quadrados 2x2 m (Praia da Cresmina); C) peneira do sedimento+plásticos.....	52
Figura 2.4 – Exemplificação dos transectos de amostragem (tracejado) efectuados na praia da Póvoa do Varzim.....	53
Figura 2.5 – A) amostra colocada em solução hipersalina; B) filtração da solução hipersalina com recurso à bomba de vácuo, para recolha de microplásticos.....	54
Figura 2.6 – Categorização visual nas classes de tamanho definidas.....	55
Figura 2.7 – Pellet separados pela cor (pellet brancos, envelhecidos, coloridos).....	57
Figura 3.1 – Densidade média de resíduos plásticos por praia.....	61
Figura 3.2 – Principais subcategorias de plástico em percentagem: A) por número (n); B) por peso (g).....	63
Figura 3.3 – Distribuição das classes de dimensão por abundância.....	64
Figura 3.4 – Plástico recolhido na Praia da Cresmina, num dos três quadrados 2x2 m.....	64
Figura 3.5 – Vestígios de utilização de plástico por fauna marinha em A) pedaço de esponja na Praia da Bordeira; B) saco de plástico na Praia da Cova de Alfarroba.....	65
Figura 3.6 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plástico na praia da Agudela; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($4,7 \pm 1,3$ unidades, $n=154$), fragmentos plásticos ($9,7 \pm 1,2$ unidades, $n=224$), poliestireno ($72,6 \pm 33,0$ unidades, $n=687$); quadrados 2x2 m: pellet ($46,7 \pm 13,0$ unidades, $n=140$), fragmentos plásticos ($65 \pm 18,2$ unidades, $n=195$), poliestireno ($156,3 \pm 52,7$ unidades, $n=469$).....	66
Figura 3.7 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia da Agudela; quadrados 0,5x0,5 m: 3 mm ($21,2 \pm 9,1$ unidades, $n=70$), 4 mm ($21,0 \pm 7,8$ unidades, $n=62$), 11 mm ($13,0 \pm 2,0$ unidades, $n=39$); quadrados 2x2 m: 3 mm ($49,2 \pm 10,8$ unidades, $n=133$), 4 mm ($88,3 \pm 25,2$ unidades, $n=197$), 11 mm ($45,7 \pm 6,6$ unidades, $n=143$).....	67
Figura 3.8 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plásticos na praia Cova de Alfarroba; quadrados 0,5x0,5 m: pellet (195 ± 62 , $n=585$), fragmentos plásticos ($78,3 \pm 20,9$, $n=235$); quadrados 2x2 m: pellet ($742,3 \pm 164,8$), fragmentos plásticos ($390,3 \pm 19,7$, $n=1171$).....	68
Figura 3.9 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos a praia Cova de Alfarroba; quadrados 0,5x0,5 m: 4 mm ($114,1 \pm 26,2$ unidades, $n=128$); 5 mm ($64,3 \pm 10,2$ unidades, $n=63$); 11 mm ($144,3 \pm 13,9$ unidades, $n=58$) quadrados 2x2 m: 4 mm ($467,5 \pm 85,2$ unidades, $n=327$); 5 mm ($334,3 \pm 68,0$ unidades, $n=351$); 11 mm ($724,3 \pm 157,3$ unidades, $n=260$).....	69

Figura 3.10 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plásticos na praia da Cresmina; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($134 \pm 51,2$ unidades, $n=402$), fragmentos plásticos ($17,7 \pm 5,8$ unidades, $n=113$), poliestireno ($83,3 \pm 42,4$ unidades, $n=250$); quadrados 2x2 m: pellet ($32 \pm 12,1$ unidades, $n=96$), fragmentos plásticos ($37,7 \pm 15,0$ unidades, $n=113$), poliestireno ($68,0 \pm 20,3$ unidades, $n=204$).....	70
Figura 3.11 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia da Cresmina; quadrados 0,5x0,5 m: 4 mm ($85,7 \pm 22,2$ unidades, $n=58$), 5 mm ($48,9 \pm 11,3$ unidades, $n=26$), 11 mm ($9,7 \pm 1,9$ unidades, $n=29$); quadrados 2x2 m: 4 mm ($22,4 \pm 8,3$ unidades, $n=67$), 5 mm ($20,3 \pm 10,3$ unidades, $n=60$), 11 mm ($49,3 \pm 16,9$ unidades, $n=148$).....	71
Figura 3.12 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipos de plásticos na praia Fonte da Telha; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($19,3 \pm 4,9$ unidades, $n=58$), fragmentos plásticos ($29,7 \pm 2,9$ unidades, $n=89$), poliestireno ($454,3 \pm 89,7$ unidades, $n=1363$); quadrados 2x2 m: pellet ($134 \pm 32,7$ unidades, $n=402$), fragmentos plásticos ($74,3 \pm 19,5$ unidades, $n=223$), poliestireno ($440,3 \pm 61,2$ unidades, $n=1321$).....	72
Figura 3.13 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia Fonte da Telha; quadrados 0,5x0,5 m: 3 mm ($90,6 \pm 16,3$ unidades, $n=267$), 4 mm ($57,9 \pm 8,0$ unidades, $n=152$), 11 mm ($30,0 \pm 12,5$ unidades, $n=90$); quadrados 2x2 m: 3 mm ($155,5 \pm 38,4$ unidades, $n=426$), 4 mm ($168,0 \pm 5,6$ unidades, $n=317$), 11 mm ($126,0 \pm 31,8$ unidades, $n=369$).....	73
Figura 3.14 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plásticos na praia Bordeira; quadrados 0,5x0,5 m: fragmentos plásticos ($10,7 \pm 7,2$ unidades, $n=32$), poliestireno ($33,7 \pm 30,9$ unidades, $n=101$), esponja ($4,3 \pm 2,2$ unidades, $n=13$); quadrados 2x2 m: fragmentos plásticos ($9 \pm 6,5$ unidades, $n=27$), poliestireno ($21,7 \pm 8,2$ unidades, $n=65$), esponja ($36,3 \pm 10,5$ unidades, $n=109$).....	74
Figura 3.15 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia da Bordeira; quadrados 0,5x0,5 m: 3 mm ($12 \pm 5,0$ unidades, $n=36$), 4 mm ($6,7 \pm 2,7$ unidades, $n=20$), 11 mm ($1,3 \pm 0,3$ unidades, $n=4$); quadrados 2x2 m: 3 mm ($8 \pm 1,2$ unidades, $n=24$), 4 mm ($9,7 \pm 3,8$ unidades, $n=29$), 11 mm ($15,3 \pm 6,2$ unidades, $n=46$).....	75
Figura 3.16 – Análise de variância a uma entrada entre os principais tipos de plásticos entre as 5 praias, para quadrados 0,5x0,5 m e 2x2 m.....	77
Figura 3.17 – Análise de variância a uma entrada entre os principais tipos de plásticos entre as 5 praias, para quadrados 0,5x0,5 m e 2x2 m.....	78
Figura 3.18 – Amostras analisadas no micro-FTIR para identificação: material plástico – A) 9.31FT1, B) 6.24FT2, C) 3.10FT1, D) 3.10FT3, E) 5.21FT1, F) 5.23FT1, G) material não plástico 7.26P3, H) 3.10FT2.....	79
Figura 3.19 – Concentrações totais de PCB nas 8 amostras: AGUb – pellet brancos da praia da Agudela; COVb, COVe e COVc – pellet brancos, envelhecidos e coloridos na praia Cova de Alfarroba; CREb e CREe – pellet brancos e envelhecidos na praia da Cresmina; FONb e FONE – pellet brancos e envelhecidos na praia Fonte da Telha.....	82
Figura 3.20 – Concentrações PCB por congénere para todas as amostras (cada ponto corresponde a um congénere numa amostra de pellet).....	83
Figura 3.21 – Concentrações das formas de DDT (cada ponto corresponde a uma forma de DDT numa amostra de pellet).....	84
Figura 3.22 – Concentrações totais de DDT nas 8 amostras.....	85

Figura 3.23 – Concentrações de PAH por congénere em todas as amostras (cada ponto corresponde a um congénere numa amostra de pellet).....	86
Figura 3.24 – Concentrações totais de PAH.....	87
Figura 3.25 – Amostras recolhidas nas praias para avaliação do Estado da Costa: PV1 – Póvoa do Varzim, M1, M2 – Mira, FA1, FA2, FA3 – Foz do Arelho, B1 – Bica, C1, C2, C3 – Carvalhal.....	88
Figura 3.26 – Modelo DPSIR para a poluição marinha por resíduos plásticos.....	92

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Exemplo de objectivos de estudo dos resíduos marinhos, plásticos e restantes categorias, e respectivos casos de estudo.....	37
Tabela 2.1 – Cronograma do plano de trabalho.....	43
Tabela 2.2 – Apresentação das praias para categorização de plásticos – localização e potenciais fontes terrestres identificadas por observação no GoogleEarthTM e SNIRH.....	48
Tabela 2.3 – Apresentação das praias para avaliação do estado da costa - localização e potenciais fontes terrestres identificadas por observação no GoogleEarthTM e SNIRH.....	50
Tabela 2.4 – Classes de tamanho para categorização dos itens plásticos.....	55
Tabela 2.5 - Categorias de resíduos plásticos seleccionados da lista de classes de Ogi e Fukumoto 2000.....	56
Tabela 3.1 – Dados de caracterização das praias.....	60
Tabela 3.2 – Abundância total e peso total, em valores absolutos e relativos (%) no conjunto das 5 praias.....	62
Tabela 3.3 – Resultados da ANOVA a um factor ($p < 0,05$): A,B) Pellet, C,D) Fragmentos Plásticos, E,F) Poliestireno; Conjuntos A,C,E e B,D,F – Quadrados 0,5x0,5 m e 2x2 m, respectivamente.....	76
Tabela 3.4 – microplásticos identificados por observação no microscópio e categorizados visualmente.....	77
Tabela 3.5 - Identificação das amostras com recurso à micro-FTIR (pela mesma ordem apresentada na Figura 3.17), com o código e designação da categoria visualmente definida para cada amostra e o padrão de referência encontrado, com a respectiva probabilidade.....	80
Tabela 3.6 - Concentrações totais (ng.g-1) de PCB (tPCB), PAH (tPAH) e DDT (tDDT) e peso (g) nas 8 amostras de pellet brancos (b), envelhecidos (e) e coloridos (c).....	81
Tabela 3.7 - Dados de caracterização das praias recolhidos aquando amostragem.....	88
Tabela 3.8 – Resultados da aplicação do índice Clean Coast Index.....	89

People often ask, “What is the single most important environmental/population problem facing the world today?” A flip answer would be, “The single most important problem is our misguided focus on identifying the single most important problem!”

(Diamond 2004: 498)

1. Introdução

1.1 Breve Introdução Geral

“Plastics: made to last forever
Designed to throw away.”
(5 Gyres)

A poluição marinha por resíduos plásticos constitui uma ameaça actual e crescente à integridade dos oceanos, a uma escala planetária (Gregory 2009; Moore 2008; Ribic *et al.* 1992), contaminando todos os habitats marinhos.

Os resíduos plásticos são materiais persistentes, o que se reflecte na acumulação no meio marinho – oceanos e linha de costa, devido directamente ao mau encaminhamento do plástico no fim do período do ciclo de vida (The Ocean Conservancy 2005), lenta degradação (Gorycka 2009), circulação de embarcações (Ribic *et al.* 1992), proliferação de actividades costeiras e crescimento destas regiões (Topping 2000). Algumas causas indirectas são o aumento de produção (Thompson *et al.* 2009a) e menor ciclo de vida do produto – utilização do tipo *consume and discard* (Thompson *et al.* 2009b).

A acumulação de resíduos plásticos marinhos é uma área de estudo com relevância que recebe larga atenção a nível global e é coberta por regulações nacionais e internacionais. Inicialmente, destacou-se devido ao impacte visual e impactes ecológicos, dos quais sobressaem os efeitos dos macroplásticos na fauna marinha, nomeadamente os problemas resultantes da ingestão e aprisionamento por plástico, que constituem os problemas mais frequentemente associados à acumulação de plástico (Bockstiegel 2010). Actualmente os microplásticos (diâmetro inferior a 5 mm - Arthur *et al.* 2008) e os comprovados danos ecotoxicológicos começam a receber mais atenção, sendo associada a esta classe os maiores impactes dos resíduos plásticos marinhos (Gorycka 2009).

É uma temática que tem sido aprofundada por diversas partes: desde organismos independentes como Algalita Marine Research Foundation, Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP), Nações Unidas, Greenpeace, comunidade científica (Thompson, Takada, Teuten, entre outros), os *media*, meio académico, até ao nível dos decisores políticos a uma escala regional e global, por exemplo, através da gestão e regulação da poluição por resíduos marinhos, promovida pelas agências federais Environmental Protection Agency (EPA) e a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA),

entre outros; e partilhada em conferências e encontros, destacando-se a maior conferência realizada – Plastic Debris Rivers to Sea Conference em 2005, que se focou nas fontes, impactes e soluções para os resíduos marinhos, reunindo as comunidades científicas e políticas e juntando os maiores investigadores que trabalham nesta área.

Dada a persistência dos resíduos plásticos e os fenómenos de degradação e fragmentação a que estão sujeitos, é extremamente importante continuar a efectuar-se estudos no sentido de se obter mais dados e informação para estimar a magnitude do problema e sensibilizar os decisores políticos, indústrias e consumidores para que se verifique alguma mudança de comportamento, com influência no controlo e/ou redução do problema.

Já em 1987, a Comissão de Mamíferos Marinhos defendia que estudos de monitorização eram necessários para avaliar a eficácia de programas de acção destinados a reduzir os resíduos marinhos totais, entre os quais os resíduos plásticos (Ribic *et al.* 1992).

No entanto, como referido por Sealy (2004), a abundância de resíduos plásticos na dimensão apenas visível microscopicamente, em ambiente marinho, permaneceu por investigar e desconhecida até à actualidade. Como referem Ivar do Sul e Costa (2007), Moore (2008) e UNEP (2009) as fracções mais pequenas de plástico (<20 mm) não são geralmente discriminadas na maior parte dos estudos feitos sobre resíduos plásticos marinhos devido a dificuldades de amostragem, pelo que as suas fontes, destino e consequências ambientais acrescidas são mal conhecidas (Sheavly e Register 2007). Galloway (2007) reforça esta realidade ao referir que a retenção de resíduos plásticos por fauna marinha de menores dimensões também ainda foi pouco estudada. Embora os microplásticos recebam menos atenção, segundo estudos já efectuados encontram-se igualmente dispersos nos mesmos ambientes que os macrolásticos e representam uma ameaça a longo prazo nas cadeias alimentares marinhas.

Em 2008 realizou-se a primeira conferência com enfoque directo nos microplásticos – International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, em Washington, nos EUA. Tratou-se de uma parceria entre a NOAA e a Universidade de Washington Tacoma, resultando na realização de *workshops* em diferentes temáticas de abordagem aos microplásticos. Teve como objectivo a discussão dos impactes das interacções dos microplásticos, ingestão pela fauna marinha, influência no consumo de contaminantes e

identificar potenciais passos a seguir na investigação. Arrancou com a pergunta – “Serão os microplásticos um problema no ambiente marinho?” e no fim da conferência chegou-se à conclusão de que é necessário realizar-se mais investigação tanto no laboratório, como no ambiente marinho. Voltou a demonstrar que muito pouca investigação tem sido publicada directamente sobre as fontes e níveis dos microplásticos no ambiente marinho (Arthur *et al.* 2008).

1.1.2 Objectivos do estudo

Este estudo pretende identificar os principais tipos e dimensões de plástico que se acumulam desde os macroplásticos até aos microplásticos, na escala dos cm aos μ m respectivamente. Para além deste objectivo principal, são determinadas as concentrações de POP adsorvidos a alguns microplásticos, mais especificamente, em *pellet* de diâmetro inferior a 5 mm, segundo as categorias de *pellet* brancos, envelhecidos e coloridos. Por último, é feita uma avaliação preliminar do estado da Costa Oeste de Portugal Continental com a aplicação de um índice.

A linha da costa portuguesa é vulnerável à acumulação de resíduos plásticos devido à sua extensão e à abundância de potenciais fontes terrestres. Para além destes factores, uma vez que não se tem conhecimento da divulgação de estudos efectuados no País, no contexto da temática dos resíduos marinhos plásticos (à excepção do Projecto CoastWatch, inserido no âmbito de trabalho do Grupo de Estudos de Ordenamento do Território e Ambiente – GEOTA), este estudo constitui um desafio e um contributo no sentido de possibilitar uma melhor percepção desta problemática, da sua persistência e servir de alerta para a necessidade de uma melhor gestão dos produtos plásticos desde a sua produção até ao encaminhamento no fim do ciclo de vida.

Foram analisados os POP na superfície dos *pellet*, mais precisamente de bifenis policlorados (PCB), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) e dicloro-difenis-tricloroetanos (DDT). As análises laboratoriais foram feitas no Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (IPIMAR).

Relativamente às análises laboratoriais para identificação de polímeros, recorreu-se ao Departamento de Conservação e Restauro.

A dissertação inicia-se com um primeiro capítulo de partida, com uma breve introdução, exposição das características dos materiais plásticos, utilização e encaminhamento final e alternativas a estes materiais. Foca-se a contaminação do meio marinho e a sua gravidade, com exposição dos impactes sociais, ecológicos e sociais, bem como a situação presente de prevenção de resíduos marinhos plásticos e alguns casos de estudo na monitorização de resíduos marinhos.

O segundo capítulo incide sobre a caracterização da área em estudo, as praias escolhidas para efectuar a amostragem e as potenciais fontes de poluição terrestres. Neste capítulo apresenta-se a metodologia seguida para a amostragem, a análise laboratorial das amostras, entre a identificação de plásticos, espectroscopia de infravermelhos por transformada de Fourier, análise de POP e aplicação do índice Clean Coast Index, com um organograma exemplificativo.

O terceiro capítulo refere-se aos resultados diferenciados segundo a mesma estrutura apresentada na metodologia, com acréscimo de uma análise final com abordagem ao modelo *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR), com vista a apresentar uma perspectiva integrada de todos os factores envolvidos na acumulação de resíduos plásticos marinhos. Segue-se a Discussão – capítulo 4, com interpretação dos principais resultados e comparação com outros estudos no que diz respeito às principais classes de plástico em dimensão e tipo e concentrações de POP em *pellet*.

O capítulo 5 da Conclusão, Sugestões e Perspectivas Futuras faz um balanço do estudo efectuado, destacando a inovação deste estudo e salientando as suas implicações. Apresenta ainda críticas ao estudo efectuado e propostas para a sua continuidade. Em seguimento e por último, são apresentados os pontos que merecem maior atenção para promover um maior controlo sobre a poluição marinha por resíduos plásticos.

1.2 Contaminação do meio marinho por plásticos

1.2.1 Produto de consumo *versus* resíduo

“The characteristics that increasingly make plastic the manufacturing and packaging material of choice, i.e. light weight, durable, less expensive, also make it a challenge to collect and recycle.”
(CalRecycle, s.d.).

Os produtos plásticos apresentam propriedades que promoveram a sua disseminada utilização e que, em simultâneo, conduzem actualmente a desafios de gestão dos produtos plásticos no fim do ciclo de vida.

São compostos por materiais relativamente baratos, são leves, maleáveis e moldáveis em formas complexas, fortes e duráveis, com baixa ou nenhuma necessidade de manutenção, resistentes à degradação e com propriedades de isolamento eléctrico e de temperatura (Andrady e Neal 2009, Quye e Williamson 1999).

Podem dividir-se em termoplásticos e termorígidos. Os primeiros amolecem ao serem aquecidos podendo ser moldados e tornando-se sólidos quando arrefecem. Os termorígidos não derretem e não são tão moldáveis como os primeiros tendo uma menor utilização, constituindo os primeiros 80 % do plástico consumido (Garraín *et al.* 2007). Os termoplásticos, geralmente comercializados na forma de *pellet*, podem converter-se em termo rígidos, mas o contrário já não é possível. Na composição dos plásticos estão presentes aglomerados de resinas, polímeros, isto é, conjuntos de monómeros – unidades básicas que constituem os plásticos (SPI, s.d.).

Os plásticos derivam maioritariamente de petróleo ou gás, mas também de milho e trigo, entre outras fontes orgânicas. A estes são adicionados aditivos – estabilizantes ou colorantes (Waste Online 2009), de forma a alterar as propriedades físicas e mecânicas, adquirindo o produto plástico características particulares consoante a desejada utilização final (EPA 1993), por exemplo, maior resistência à degradação ultravioleta, entre outras características.

Os *pellet* de resina plástica correspondem à matéria-prima utilizada para criar os produtos plásticos (Wiber 1987) e podem tomar várias formas (esférica, ovoidal, cilíndrica), sendo os mais produzidos os polietileno, polipropileno e poliestireno, entre os 2 e 5 mm de diâmetro (Costa *et al.* 2009, EPA 1993).

Os *pellet* podem ser encontrados a boiar na superfície marinha, e possivelmente outros microplásticos de baixa densidade, onde também se concentram compostos persistentes, bioacumulativos e tóxicos (PBT), incluindo POP.

Os POP encontram-se efectivamente em elevadas concentrações no material plástico marinho (Gorycka 2009, Rios *et al.* 2007, Teuten *et al.* 2007, Takada 2005). São compostos orgânicos sintéticos disseminados em ambiente terrestre e aquático, com propriedades específicas a que se deve a sua grande persistência – quimicamente estáveis e dificilmente degradados no ambiente e/ou organismos. São lipofílicos e acumulam-se na cadeia alimentar. Alguns podem ser altamente tóxicos (PCB e DDE por exemplo – Mato *et al.* 2001) e provocar efeitos crónicos como agentes disruptores endócrinos (exemplo compostos fenólicos – aditivos utilizados no fabrico de produtos plásticos, Teuten *et al.* 2009). Estes compostos podem ser encontrados em resíduos plásticos em concentrações com ordens de magnitude muito superiores aos níveis encontrados no ambiente marinho circundante (Mato *et al.* 2001).

Os PCB e DDT são compostos que actualmente já não são produzidos. Porém os primeiros ainda estão presentes em equipamento eléctrico (em fluidos de arrefecimento) ou em armazenamento (Rios *et al.* 2007) e os pesticidas DDT, banidos desde os anos 70 (Endo *et al.* 2005), têm o seu uso restringido a programas de controlo de malária em alguns países em desenvolvimento (WHO 2007).

Os PAH são uma classe de compostos originada durante a combustão incompleta de material orgânico, incluindo carvão, óleo, gasolina e resíduos. Também são encontrados no crude, alcatrão e creosoto. Ao poderem provir de queima de florestas por exemplo, os PAH estão naturalmente presentes na atmosfera, pelo menos a determinados níveis (MassDEP, s.d.).

Os produtos plásticos podem ainda dividir-se em micro e macroplásticos, e não é consensual qual a dimensão que os distingue, tendo-se adoptado, no presente estudo, a distinção de 5 mm (diâmetro) considerada no International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris (Arthur *et al.* 2008).

Os microplásticos podem ser oriundos de *pellet* utilizados no processo de produção de produtos plásticos ou propositadamente fabricados como abrasivos ou para outras utilizações

(por exemplo na cosmética), e fragmentos plásticos resultantes da degradação de resíduos plásticos, geralmente resíduos.

Os produtos plásticos foram determinantes para a evolução das sociedades, tendo trazido inúmeros benefícios sociais. Sinónimo do sucesso alcançado é a associação dos produtos plásticos a possíveis indicadores do desenvolvimento das sociedades segundo a empresa saudita produtora de plásticos – Tasnee, National Industrialization Company (TASNEE 2009). Foram desenvolvidos para substituir materiais naturais como a borracha, casca de tartaruga e marfim, úteis devido às suas características plásticas. Estes polímeros naturais eram moldados para diversos fins, antes dos plásticos modernos serem descobertos e produzidos em larga escala (Katz 1981). Hoje por exemplo, mais de 70 % da borracha produzida deriva de produção sintética (RMA, s.d.). O plástico veio assim substituir com sucesso materiais tradicionalmente utilizados (Ribic *et al.* 1992).

Na década passada, ao longo da última fase da economia do consumo “o aparelho comercial invade a vida quotidiana, ao mesmo tempo que surgem as políticas de diversificação dos produtos, bem como processos destinados a encurtar o tempo de vida das mercadorias, a fazê-las passar de moda pela renovação rápida dos modelos e dos estilos” (Lipovetsky 2006: 30). Integrado na visão deste filósofo, o mesmo acontece com os produtos plásticos, como comprovam os dados de que grande parte dos 40 % da produção mundial destinada a embalagens em 2009 (Plastics Europe 2010), em média, é descartada um ano depois de produzido, segundo Hopewell, Dvorak e Kosior (2009).

O uso de alguns tipos de produtos plásticos passou a estar associado ao hábito da “rápida” utilização e deposição final, como já referido (um exemplo: sacos de plástico), dado o baixo custo e baixo preço resultante com grande oferta, característica da nova sociedade de consumo da época dos anos 50, em virtude da produção e distribuição em massa.

Nas últimas décadas, desde 1960 particularmente, uma produção crescente, seguindo uma forma exponencial (Figura 1.1), reflectiu-se no aumento alarmante de resíduos plásticos (CalRecycle, s.d.). A partir de 2007, a crise mundial financeira, promoveu a estagnação do mercado de produção de plásticos e adicionalmente a redução na produção de resíduos.

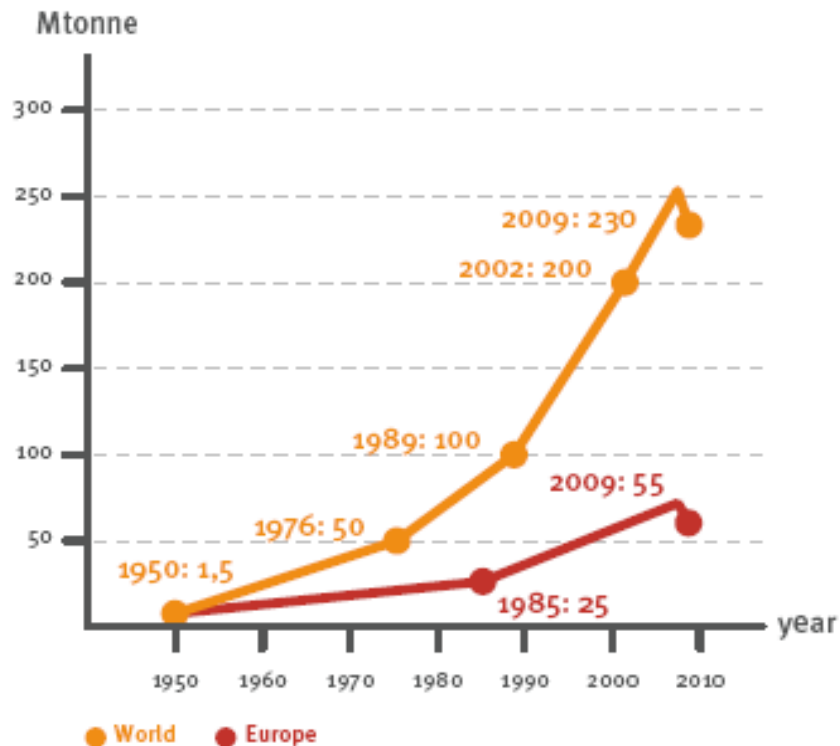


Figura 1.1 – Produção Mundial de Plástico (Fonte: Plastics Europe, 2010).

Em 2007, a produção mundial de produtos plásticos foi estimada em 260 milhões de toneladas (Plastics Europe 2007), correspondendo ao destino de 8 % da produção mundial de petróleo (Thompson *et al.* 2009a). A Europa (estados membros da UE, e Suíça e Noruega) foi responsável por cerca de 25 % dessa produção, sendo a maior produtora do mundo. A produção europeia de resíduos plásticos foi de aproximadamente 25 milhões de toneladas (Plastics Europe 2008), isto é, face ao volume mundialmente produzido de produtos plásticos, os resíduos gerados no mesmo ano, só na Europa, equivalem a 10% desse valor.

Em 2008, a produção mundial desceu para 245 milhões de toneladas, acompanhada de uma estabilização da produção europeia de resíduos em cerca de 24,9 milhões de toneladas, comparativamente com 2007 (Plastics Europe 2009). No ano seguinte, a produção mundial alcançou os 230 milhões de toneladas, a Europa produziu 55 milhões de toneladas (com uma redução comparativamente a 2008 mas ainda cerca de 25 % do total mundialmente produzido – maior produtora mundial), e os resíduos produzidos na Europa também reduziram para 24,3 milhões de toneladas.

Os resíduos plásticos frequentemente seguem a via da incineração ou aterro sanitário, visto que a indústria da reciclagem ainda tem uma capacidade limitada para tratá-los (Waste Online

2009). A comprovar, em 2009 na União Europeia, Noruega e Suíça, do total de resíduos plásticos produzidos (pouco mais de metade da procura no mesmo conjunto de Países), verificou-se uma taxa de recuperação de 54 %, representado a reciclagem 22,2 % e a recuperação de energia - incineração 31,5 % (em ambas as taxas verificado crescimento) e a deposição em aterro 45,8 % (decréscimo). Verificam-se ainda grandes disparidades nas taxas de valorização de País para País: mais de 95 % na Suíça, Dinamarca, Alemanha, Suécia e Áustria e menos de 25 % no Reino Unido e mais 8 países da Europa - Eslovénia, Letónia, Romênia, Lituânia, Bulgária, Grécia, Chipre e Malta (por ordem decrescente). Regista-se ao longo dos anos um aumento na taxa de resíduos plásticos enviados para estes destinos (Plastics Europe 2007, Plastics Europe 2009, Plastics Europe 2010).

Fora da União Europeia – Califórnia, os itens plásticos constituem 9,5 % ou 3,8 milhões de toneladas do fluxo residual descartado, mas apenas é reciclado a uma taxa de 5 % a nível estatal (CalRecycle, s.d.), ou seja, valores inferiores aos verificados na União Europeia.

Por outro lado, apesar dos contributos sob a forma de legislação nacional de vários países, europeia ou partilhada por conjuntos de Países, os resíduos plásticos não estão geralmente classificados como resíduos perigosos, e por esse motivo, não estão regulados pela legislação internacional (Gurnon 2003), o que acarreta um problema adicional na sua gestão, movimentação entre diferentes Países e no encaminhamento para os vários fins possíveis.

A reciclagem é uma acção essencial para diminuir a utilização do petróleo, as emissões de dióxido de carbono e as quantidades de resíduos enviadas para outros destinos, e Hopewell *et al.* (2009) voltam a confirmar tendências de aumento de resíduos enviados para este destino. Contudo, uma grande percentagem do volume de resíduos plásticos não é enviada para reciclagem, devido entre outros aspectos, aos seguintes factores:

- Falta de identificação dos polímeros constituintes do produto plástico - uma vez que em muitos países não há nenhuma obrigação; igualmente falta de conhecimento dos aditivos presentes nos produtos, sob imposições de confidencialidade definidas legislativamente (The World Federation of Scientists 2008)
- Dificuldade na produção de resinas recicladas, isto é, pouca estabilidade nos produtos, a partir de um conjunto de diferentes tipos de plástico - devido a incompatibilidades nos tipos de plástico como características de imiscibilidade ao nível molecular e

diferenças nos requerimentos de processamento (Hopewell *et al.* 2009; Thompson *et al.* 2009a), por exemplo no Reino Unido (Waste Online 2009);

- À mistura de plástico recuperado a polímeros virgens está associada uma alteração dos atributos característicos do produto original, feito apenas de polímeros virgens;
- Alguns polímeros são mais facilmente separáveis e recicláveis, como PET (politereftalato de etileno) e HDPE (polietileno de alta densidade), em oposição a polímeros em artigos com muitas camadas constituídas por diferentes polímeros onde decorre contaminação entre os diferentes tipos (Hopewell *et al.* 2009);
- Incineração e produção de alguns plásticos liberta compostos tóxicos – por exemplo libertação de dioxinas por cloreto de polivinil - PVC (The World Federation of Scientists 2008).
- Preço barato do plástico virgem favorece a sua produção, comparativamente ao do material plástico reciclado (Thompson *et al.* 2009a).

Globalmente, o crescimento da produção de produtos plásticos a longo termo posiciona-se nos 4%, superior ao crescimento global do produto interno bruto - PIB (Plastics Europe 2010). Ou seja, o crescimento da economia é efectuado associado ao aumento da produção de produtos plásticos, grande parte correspondendo a embalagens que têm um curto período de vida como já referido.

O 6º Programa de Acção sobre o Ambiente da União Europeia, 2002-2012 lista o uso sustentável de recursos naturais e gestão de resíduos como uma das quatro prioridades principais, pretendendo aumentar as taxas de reciclagem e prevenir a produção de resíduos (as outras são relativas às alterações climáticas, natureza e biodiversidade, ambiente e saúde), pretendendo alcançar uma redução significativa nas quantidades de resíduos geradas na UE - a esta redução estaria associado um desacoplamento absoluto entre o PIB e a produção de resíduos, isto é, ou se estabiliza ou se reduz as quantidades de resíduos face ao crescimento do PIB (Sjöström, Östblom 2010). Contudo, segundo Mazzanti (2008), na UE não existem evidências da ocorrência de um desacoplamento absoluto ou relativo (crescimento da geração de resíduos mas não na mesma proporção que o PIB), possivelmente devido à falta de objectivos políticos relativamente à prevenção de resíduos e de valorização.

Na tentativa de minorar o problema dos resíduos plásticos devido à sua persistência, empresas como a Silvex em Portugal, tencionam produzir plástico biodegradável – película aderente

para fins alimentares à base de poliéster e amido de milho, a um custo três a cinco vezes o do plástico normalmente utilizado (DN 2010).

Tem sido realizada investigação no sentido de desenvolver e tornar comercial a produção de bioplásticos, como referenciado no artigo *The Promise and Pitfalls of BioPlastic* (Dell 2010). No entanto, os custos de bioplásticos com polímeros biodegradáveis como ácidos polilácticos (PLA) ou polihidroxialcanoatos (PHA) são 20% a 100% superiores aos custos dos plásticos convencionais. Os PLA já são comercializados em produtos plásticos pela Nature Works, enquanto que os PHA, mais caros, têm sido alvo de críticas devido a dificuldades de degradação em aterros sanitários, caso não sejam oferecidas todas as condições necessárias, e produção de metano, havendo riscos de transferência de um problema de poluição de água para poluição do ar (Dell 2010).

Coloca-se contudo o problema destes biopolímeros, bem como os plásticos biodegradáveis, degradarem-se nos aterro sanitários apenas sob condições específicas e condicionarem a reciclagem (Thompson *et al* 2009a), pelo que as condições para a sua degradabilidade não se verificam no meio marinho, além de se desintegrarem em partículas pequenas (Barnes *et al.* 2009) que não serão mais degradáveis que os plásticos convencionais, o que não elimina o problema da disseminação dos microplásticos. Por outro lado, levanta-se a questão da utilização de terrenos agrícolas para produção de matérias-primas para este fim e o impacte na produção agrícola dessa matéria-prima, bem como o impacte sócio-económico ao competir com a utilização para produtos alimentares (Bowmer e Kershaw 2010).

1.2.3 Quando o plástico desemboca no mar...

“Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long term, threat.”
(The World Federation of Scientists 2008)

O crescimento significativo da geração de resíduos plásticos foi impulsionado pela Segunda Guerra Mundial (Katz 1981). Associado a uma gestão e regulação deficitária conduziu à dispersão no ambiente marinho e acumulação nos habitats costeiros (Ivar do Sul e Costa 2007) e em giros marinhos - sistemas de correntes circulares concêntricas convergentes (Bockstiegel 2010). Os resíduos plásticos e plástico virgem, fases pós e pré-consumo respectivamente, distribuem-se à superfície da massa de água, no fundo dos oceanos ou nas linhas de costa. Ambos são encontrados em formas intactas e degradadas, o que varia em

função do tempo de permanência no ambiente marinho e/ou costeiro, isto é, das agressões físicas (vento, ondas, abrasão pela areia), térmicas, fotoquímicas (sol) e químicas (salinidade e soterramento no sedimento) a que estão sujeitos (Costa *et al.* 2009). O período estimado para a degradação completa do plástico é de 50 anos nas praias e muito mais no mar, segundo Gregory 1978 citado em Ng e Obbard 2006.

A disseminação de resíduos plásticos nos oceanos começou a ser reconhecida como um problema universal no fim dos anos 60 e 70 (Risebrough 1969; Heyerdahl 1971; Cotton 1974; NAS 1975 citado em Ribic *et al.* 1992) e desde meados dos anos 80, começou a ser documentado em todo o tipo de literatura científica (CalRecycle, s.d.).

Em 1992, num manual de monitorização de resíduos marinhos, Ribic *et al.* (1992) apontavam que os aumentos de resíduos marinhos devem-se a 3 factores:

- 1) Substituição de fibras naturais por materiais sintéticos, com menor taxa de degradação e mais baratos, aumento da quantidade total de resíduos para um período de tempo fixo e redução da motivação para reutilizar/reciclar dado o baixo preço dos materiais sintéticos;
- 2) Maior número de embarcações;
- 3) Maior número de residentes costeiros.

Verificam-se opiniões contrárias no que diz respeito à influência maior ou menor de fontes terrestres ou fontes marinhas na dispersão de resíduos plásticos. Segundo Thompson *et al.* (2005) decorreu uma modificação na origem dos resíduos, passando da predominância de barcos comerciais e pesca para fontes terrestres, constatação corroborada pelo GESAMP que referem que aproximadamente 70-80 % dos resíduos marinhos gerais provêm da costa, recolhido pelo vento ou intencionalmente despejado da margem costeira. Em oposição, Gregory (2009) considera as fontes marinhas ainda preponderantes na dispersão de resíduos plásticos.

Como principais fontes de resíduos gerais marinhos, destacam-se as seguintes:

- Fontes terrestres
 - Produtos industriais quando inadequadamente colocados em aterros, ou perdidos durante transporte em ambiente marinho e terrestre e carga e descarga em instalações portuárias (EPA 2002) – segundo a EPA (1993) os *pellet* foram dos itens com maior abundância encontrados em portos nos Estados Unidos,

enquanto que Costa *et al.* (2009) reforçam o papel dos portos na distribuição de *pellet* virgem.

- Descargas de sistemas de drenagem mistos aquando de precipitação extremos, devido a sobrecarga do sistema (EPA 2002), uma das maiores fontes terrestres nos EUA, de acordo com Nollkaemper (1994); resíduos derivados de actividade recreativa, pescadores, regiões do interior quando os resíduos desaguam em linhas de água e chegam aos oceanos; escorrências de aterros sanitários próximos de áreas costeiras ou rios; recolha e transporte de resíduos; despejo ilegal de resíduos domésticos e industriais no meio aquático marinho e costeiro (EPA 2002, Sheavly 2005);
- Descargas de águas residuais tratadas poderão transportar microplásticos, por exemplo, de dimensão <1 mm utilizados em produtos cosméticos (Gregory 1996, Fendall e Sewell 2009 citado em Costa *et al.* 2009).
- Fontes marinhas
 - Pesca comercial quando se verifica a deposição final do material utilizado ou outros resíduos; embarcações de mercadoria, militares e de investigação; plataformas de exploração de óleo e gás; actividade recreativa marinha (EPA 2002, Sheavly 2005).

Nas parcelas de resíduos marinhos correspondentes a plásticos, são apontadas percentagens entre 60 a 80 %, às vezes até 90-95 % (Derraik 2002). Estudos de McDermid e McMullen (2004) e Moore *et al.* (2005) evidenciam que 10 % da abundância de resíduos plásticos marinhos corresponde a plásticos de pré-produção ou pré-consumo, isto é, *pellet*, enquanto que Derraik (2002) considera ainda que estes são uma das maiores componentes de resíduos plásticos marinhos.

No que concerne às fontes terrestres, a EPA refere que são preponderantes na dispersão dos *pellet*, sendo a indústria de plásticos a principal fonte (EPA 1993), durante a sua produção, transporte e processamento (Allsopp *et al.* 2009). Para além destas fontes, Costa *et al.* 2009 considera ainda determinante a influência das instalações portuárias, unidades petroquímicas e outras actividades específicas de comércio como rotas oceânicas de transporte de mercadorias.

Em *pellet* envelhecidos prevê-se que decorram concentrações mais elevadas de POP, como confirmado para o PCB, em virtude do maior tempo de residência nos oceanos e fotodegradação e conseguinte maior exposição a estes compostos (Endo *et al.* 2005). No entanto, segundo o mesmo autor outros factores interferem na capacidade de retenção de POP, pelo que esta previsão necessita de confirmação. Por exemplo, no caso do PCB, processos de degradação, maioritariamente fotodegradação podem afectar positiva e negativamente a retenção de PCB, tal que um aumento de área superficial promove a adsorção, mas a maior polaridade com a introdução de O₂ nos polímeros pode condicionar a adsorção de compostos hidrofóbicos. O mesmo deve verificar-se para o DDT e PAH, menos para os congéneres PAH menos hidrofóbicos como o benzo(b)fluoranteno (BBF) e perileno (PY), entre outros (Sponza *et al.* 2010).

A um maior tempo de retenção corresponde também o alcance do ponto de equilíbrio, desde meses até anos, por parte pelo menos das concentrações de PCB em *pellet* que se encontrem a boiar à superfície no mar (Endo *et al.* 2005), reforçando as conclusões de que ao envelhecimento de *pellet* estão associadas maiores concentrações de PCB. Muito possivelmente verifica-se o mesmo para outros POP. Deste modo, a coloração dos *pellet* é um factor importante na adsorção destes compostos, daí o diferenciamento em três categorias: brancos, envelhecidos e coloridos, para a análise destes compostos.

Verifica-se que a parcela de resíduos plásticos marinhos acumulada nas zonas costeiras varia nos estudos realizados de País para País, abrangendo percentagens como 90 % em Israel (Alkalay *et al.* 2007), ~62,5 % na costa germânica do mar do Norte (Fleet 2003 e Hartwig 2004 citado em Hartwig *et al.* 2007) na Jordânia mais de 50 % (Abu-Hilal e Al-Najjar 2004), 60 % na Jamaica (Wade *et al.* 1991), 80-85 % na Baía de Tóquio (Kaneshiro *et al.* 1995 citado por Moore 2008), 87 % na África do Sul (Madzena e Lasiak 1997), >80 % no nordeste brasileiro (Araújo, Santos e Costa 2006).

Estes resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que dependem da metodologia seguida (unidades de amostragem definidas e número, período de estudo, dimensão e classes de resíduos plásticos recolhidos, condições de recolha e tratamento dos dados recolhidos), e características físicas e geográficas - variabilidade intrínseca de cada praia, para além da distribuição das fontes marinhas e terrestres. Não obstante, há um facto que não diverge entre

os estudos, que corresponde à superioridade da parcela de plástico como categoria de resíduos marinhos mais significativa em qualquer estudo realizado.

A baixa densidade do plástico promove o flutuar deste tipo de materiais que, por sua vez, induz fenómenos de dispersão a longa distância e acumulação em ambientes onde podem persistir por tempo indeterminado (Gorycka 2009).

À elevada acumulação de plástico nos oceanos está associada a existência de pontos de concentração de resíduos (giros) que se dispõem a uma latitude subtropical nas principais aglomerações de correntes ao longo dos oceanos. São investigados pelo menos desde os anos 70 (5 Gyres, s.d.), sendo mais noticiado pelos *media* e mais investigado o giro que se localiza a sudoeste da Califórnia, na zona norte do Oceano Pacífico.

Em 2005, segundo Alvarez, já havia algum alarme devido à percepção de que três milhões de toneladas de resíduos plásticos, que se encontram no giro do Pacífico Norte, poderiam conter POP como DDT e PCB. Moore aponta que, se os consumidores não reduzirem a produção de resíduos plásticos, o giro no Pacífico Norte pode duplicar de tamanho nos próximos dez anos (Público 2008). Actualmente, segundo investigadores da Algalita as concentrações neste giro são de 46 partes de plástico para uma parte de plâncton (Swanson 2008).

Como já referido, o problema dos resíduos marinhos não está confinado às massas de água, nem aos cinco giros planetários nos quais tendem a concentrar-se os resíduos marinhos, porque podem ser transportados a longas distâncias do ponto de origem. Também contamina as costas onde a sua acumulação parece mais inusitada, por exemplo, nalgumas praias de localização mais remota com consumo residual de plástico (McDermid e McMullen 2004; Moore 2008; Ng e Obbard 2006; Teuten *et al.* 2007), nomeadamente no Pacífico Norte (Moore 2003), sendo um problema com uma escala global. Em Moçambique, na ilha do Bazaruto, uma área remota de turismo pouco significativo e não massificado e longe da linha de costa, comprovou-se pessoalmente a grande acumulação de resíduos plásticos na praia, particularmente de micro plásticos. (Figura 1.2).



Figura 1.2 – Acumulação de plástico no sedimento de uma ilha remota no Arquipélago de Bazaruto, Moçambique.

Em 2002, segundo Ronald Bailey, a principal preocupação levantada face à dispersão de plástico não era relativa à toxicidade e perigo representado para os ecossistemas, mas sim relativa ao impacte estético. Contudo, de maior importância é o perigo que constitui para a vida marinha (O’Sullivan 2009).

No que diz respeito aos efeitos ecológicos sobre os ecossistemas, está comprovado o transporte de organismos invasores por resíduos plásticos pelágicos (Gregory 2009, Hartwig *et al.* 2007, Holden 2009). Segundo Bockstiegel (2010) o plástico flutuante promove o transporte de organismos invasores como cracas, poliquetas e briozoários, e ainda hidroides, algas e moluscos bivalves (Gregory 2009). O problema que se coloca inicia-se quando estes organismos transportados chegam a linhas de costas vulneráveis ou em risco, ameaçando-as.

Na Dinamarca, Harwtig *et al.* (2007) comprovaram o papel destes resíduos como material utilizado por aves para construção dos seus ninhos, verificando um crescimento na utilização destes materiais de 39,3 % em 1992 para 57,2 % em 2005, representando o volume de resíduos plásticos que se acumula nas proximidades dos locais de nidificação.

Muitos dos plásticos em zonas de convergência e acumulados na linha de maré alta, para além do plástico que bóia ao longo dos oceanos, vão constituir um fácil gatilho para a ingestão pela fauna marinha uma vez, que geralmente nestes espaços, o plâncton e outras matérias orgânicas também existem em grande número (Costa *et al.* 2009) e são inúmeros os casos de ingestão de plástico pela fauna marinha que o confunde com alimento, como por exemplo em aves (Azzarello e Vleet 1987, Vlietstra e Parga 2002).

Os danos físicos por ingestão e aprisionamento por resíduos plásticos estão comprovados em mais de 260 espécies (Thompson *et al.* 2010a). São conhecidos os impactes de aprisionamento, ingestão, asfixia e debilitação geral da fauna marinha: obstrução gastrointestinal, bloqueio da secreção gástrica enzimática, redução no consumo alimentar, diminuição de níveis de hormonas esteróides, ovulação atrasada e falhas reprodutivas (Azzarello e Vleet 1987, Vlietstra 2002, Moore 2008, Gregory 2009). Os organismos filtradores poderão estar em maior risco, em consequência de razões de plástico para plâncton de 46 para 1 no giro do Pacífico Norte por exemplo (Bockstiegel 2010). Um estudo da Algalita nesta localização identificou a presença de partículas de microplásticos, em 35 % dos 660 peixes amostrados (Algalita 2009).

Ainda estão pouco estudadas as consequências da ingestão de microplásticos. Betts 2008 refere que especulam-se os impactes dos microplásticos mas não se apresentam resultados que os fundamentem e Petraitis (1987) citado em Gorycka (2009) indica que existem implicações da persistência de microplásticos em mexilhões nos seus predadores. Thompson *et al.* (2008) refere ainda potenciais efeitos desta persistência sobre o Homem.

Para além dos efeitos físicos da ingestão de resíduos, levanta-se o problema destes adsorverem POP e outros PBT.

Está comprovada a assimilação e acumulação de poluentes orgânicos persistentes adsorvidos a plásticos por ingestão destes (Teuten *et al.* 2007, Takada 2005) e bioacumulação e bioamplificação de Poli-Cloro Bifenil (PCB) (Endo *et al.* 2005), afectando não só o organismo inicial mas também os organismos que se seguem na cadeia alimentar (Rios *et al.* 2007).

No entanto, Gorycka (2009) refere que, quanto à adsorção de POP em *pellet*, a bioamplificação de plástico através da cadeia alimentar só é relatada na última década, pelo que é necessário decorrer mais investigação. Além disso, muitos estudos sugerem que a bioamplificação não é preocupante (Betts 2008).

Thompson *et al.* (2004) determinaram o potencial de fragmentos plásticos de dimensão microscópica serem ingeridos em ensaios laboratoriais e comprovou essa ocorrência em anfípodas, vermes e cracas. Tal como Gorycka salienta, continua por se determinar o risco de poluentes retidos nos microplásticos serem transferidos através da cadeia alimentar.

A agravar a ingestão comprovada de *pellet* está o facto de verificar-se maior adsorção de POP em *pellet* envelhecidos e de estes serem preferencialmente ingeridos, a par de outros *pellet* coloridos, por aves, em detrimento dos *pellet* brancos (Endo *et al.* 2005).

Nos impactes sociais, a contrapor aos benefícios sociais inerentes à utilização de produtos plásticos como a promoção de avanços tecnológicos, poupanças energéticas e outros benefícios sociais (Andrady e Neal 2009) o que se deve às características de baixo peso, durabilidade e baixo custo relativamente a outros materiais (Thompson *et al.* 2009a; Andrady e Neal 2009), estão os efeitos nefastos associados aos resíduos produzidos.

Para além do impacto estético visível nas praias próximas de fontes de contaminação, dada a importância recreativa das praias, existe um potencial impacto na saúde - potencial transmissão pela cadeia alimentar de POP adsorvidos ao plástico ao Homem, bem como de aditivos – exemplo bisfenol A - BPA, através do leite materno, sangue, urina, pó das habitações, neve e água residual (Pelley 2008). Thompson *et al.* (2009a) referem a presença de aditivos na população humana.

Adicionalmente, muitos estabilizantes e colorantes utilizados na produção de plásticos ainda não passaram pela *Environmental Risk Analysis* (ERA) e deste modo, desconhece-se o impacto na saúde humana e fauna marinha (Waste Online 2009).

Por último, relativamente aos impactes económicos, a utilização de plástico como matéria-prima permitiu uma grande poupança nos custos de produção dos produtos. Contudo, face à baixa taxa de reciclagem, há uma preocupação crescente relativamente ao espaço requerido

por plásticos para serem depositados em aterro (Waste Online 2009), uma vez que estes constituem uma parcela importante dos resíduos domésticos e industriais (Thompson *et al.* 2009a). A degradação lenta e não total, numa escala de tempo reduzida conduz à acumulação nos aterros sanitários e em diversos ambientes, levantando problemas de gestão de resíduos e causando danos ambientais (Thompson *et al.* 2009a; Teuten *et al.* 2009). Também, como impacte económico, deve-se salientar o custo para o turismo, a danificação de embarcações, equipamento e instalações de pesca e custos de limpeza (Browmer e Kershaw 2010).

Ao não fechar-se o ciclo de vida dos produtos plásticos e pelo facto de este ser linear (produção, utilização e deposição final), não se consideram os produtos plásticos no fim da sua utilização como matéria-prima passível de ser reciclada e reutilizada para produção de novos produtos.

Se um polímero fosse encarado como um produto com uma multiplicidade de fins, como referem Thompson *et al.* (2009a), poder-se-ia minorar esta requisição de espaço para aterro, de tal modo que um polímero poderia ser reutilizado num produto duradouro e posteriormente ser utilizado para recuperação de energia por exemplo, diminuindo a taxa de afluxo dos resíduos plásticos para os aterros sanitários.

1.2.4 Prevenção dos resíduos marinhos

O tema dos resíduos nos oceanos e linhas de costa está recentemente a começar a fazer parte de iniciativas, programas e planos de acção, por parte de organizações não governamentais, indústrias e poder político europeu e internacional, dada a natureza universal deste problema.

São inúmeras as campanhas e projectos iniciados, como é exemplo: o Projecto Europeu CoastWatch coordenado em Portugal pela GEOTA; campanhas de sensibilização da GreenPeace; Missão 5 Giros fundada por diversos cientistas sobre os 5 giros distribuídos por todos os oceanos; projectos de investigação de resíduos marinhos no mar pela Algaliita; projecto Carpentaria Ghost Nets Programme, s.d., que presta apoio a *rangers* indígenas no combate à “invasão” do plástico no golfo Carpentaria no norte da Austrália, entre esforços de organizações como a Global Garbage, Oceanic Defense, entre outras.

Moore *et al.* (2008) referem que, há 30 anos, a indústria do plástico considerava os resíduos plásticos uma pequena porção de todos os resíduos não causando nenhum dano no ambiente,

excepto o impacte estético. No entanto, entre 1970 e 2003, o plástico tornou-se o segmento de resíduos municipais americanos com maior crescimento, e constitui 60-80 % dos resíduos marinhos, alcançado 90-95 % em algumas áreas (The World Federation of Scientists 2008).

No presente, não há legislação específica que inclua os microplásticos nos seus eixos de acção. Contudo, a Directiva Quadro Estratégia Marinha 2008/56/EC é um instrumento recente que poderá melhor integrar a regulação de microplásticos em futuras rectificações, após investigações mais conclusivas (Gorycka 2009). Tem como principal objectivo alcançar um bom estado ambiental das águas marinhas até 2020 (Leujak, comunicação pessoal, 2010).

Algumas regulações ambientais que visam a prevenção dos resíduos plásticos (em termos gerais, não incidindo especificamente sobre microplásticos) no meio marinho foram adoptadas, destacando-se:

- Convenção MARPOL 73/78 Anexo 5 – é o único tratado internacional que regula uma das fontes de resíduos plásticos, a fonte marinha - trata-se da principal convenção que controla a poluição oriunda de embarcações e foi adoptada em 1973. Proíbe qualquer descarga de plásticos e limita as descargas segundo o tipo e quantidade e localização da embarcação; como referido por Derraik 2002, a MARPOL continua a ser geralmente menosprezada e as embarcações continuam a descarregar 6,5 milhões de toneladas de plástico por ano;
- Convenção da ONU sobre o Direito do Mar - define os direitos e responsabilidades de cada nação na utilização dos oceanos, incluindo a prevenção de descargas de resíduos provenientes de meio terrestre e marinho (Gorycka 2009);
- Agenda 21 e Plano de Implementação de Johannesburgo - estabelece regras relativamente à gestão de resíduos sólidos e águas residuais (Gorycka 2009);
- Convenção de Londres, 1972 - legislação para limitar a descarga no mar de resíduos de fontes terrestres, particularmente plásticos e outros materiais sintéticos persistentes são proibidos (Gorycka 2009);
- Convenção para a Protecção do Meio Marinho no Nordeste Atlântico, 1997 – guia a cooperação internacional na protecção do ambiente marinho no Atlântico Nordeste - actualizou a Convenção de Oslo de 1972 e a Convenção de Paris de 1974 (APA, s.d.).

As referidas convenções quando transpostas para legislação, sob a forma de directivas ou decretos-lei, necessitam de fiscalização de modo a serem cumpridas. É fundamental fomentar-se a prevenção em todas as fases do ciclo de vida dos produtos plásticos, nomeadamente na

produção, transporte, uso e encaminhamento final, através de uma maior sensibilização e provisão de uma melhor gestão de resíduos. Segue-se uma série de imagens que ilustra exemplos de fases do ciclo de vida que merecem maior enfoque e investimento.



Figura 1.3 - A) produção de garrafas de água (Courrier 2008); B) estudo sobre a produção de resíduos plásticos (BBC 2008); C) recuperação de resíduos num rio (Courrier 2009).

Em algumas cidades americanas foi banida a compra de água engarrafada – Figura 1.3 – A), afectando o escoamento da actual produção (Courrier 2008). Esta é uma iniciativa relevante dado o elevado contributo das embalagens na produção de resíduos plásticos. Na Figura 1.3 – B) a jornalista Christina Jeavans do BBC News submeteu-se à privação da aquisição de produtos plásticos durante um mês, demonstrando o papel fulcral dos consumidores na redução dos resíduos produzidos. Na figura, do lado esquerdo apresenta-se a quantidade de resíduos produzida nesse período de tempo, contra a quantidade num mês sem restrições no lado direito (BBC 2008). Em países menos desenvolvidos, cenários como o que se apresentou na Indonésia, com a superfície de um rio coberta de plástico e uma pessoa a recolher o que possa ser recuperado, podem vulgarizar-se ou já são vulgares, em virtude de estarem estes países menos capacitados para lidar com o aumento vertiginoso e contínuo de resíduos plásticos e de garantir algum sustento económico às pessoas mais carenciadas (Figura 1.3 – C).

1.2.5 Casos de estudo na monitorização de resíduos marinhos

Os estudos relevantes encontrados foram categorizados de acordo com o principal objectivo de estudo, como apresentado na Tabela 1.1. Depois de expostos alguns objectivos de estudo, apresentam-se com melhor detalhe os casos de estudo respectivos.

Tabela 1.1 - Exemplo de objectivos de estudo dos resíduos marinhos, plásticos e restantes categorias, e respectivos casos de estudo.

Objectivo	Caso de Estudo
Educacional	CoastWatch (GEOTA 2005, 2007, 2010)
Monitorização	<p>Variações espaciais e temporais nos resíduos nas praias na Costa Transkei na África do Sul (Madzena e Lasiak 1997)</p> <p>Estratégias de amostragem de resíduos nas praias: haverá o “melhor” método? (Velandar e Mocogni 1999).</p> <p>Poluição por resíduos nas costas da Jordânia no Golfo de Aqaba (Mar Vermelho) (Abu-Hilal e Al-Najjar 2004)</p> <p>Larguras ideais dos transectos para monitorização de categorias de plástico nas praias, relacionando com as suas fontes (Araújo <i>et al.</i> 2006).</p> <p>Resíduos antropogénicos nas praias do sudeste Pacífico (Chile):</p> <p>Resultados de uma investigação nacional suportada por voluntários (Bravo <i>et al.</i> 2009)</p>
Detecção de tendência	Utilização de itens indicadores para monitorizar resíduos marinhos numa praia em New Jersey de 1991 a 1996 (Ribic 1998)
Linha de base	<p>Composição e Distribuição dos Resíduos Marinhos em Orange County, Califórnia (Moore <i>et al.</i> 2001a)</p> <p>Índice Costa Limpa – Uma nova abordagem à avaliação do grau de limpeza (Alkalay <i>et al.</i> 2007)</p> <p>Sobre a importância da dimensão dos fragmentos plásticos e dos <i>pellet</i> nas linhas de mare: uma perspectiva de uma praia no Brasil (Costa <i>et al.</i> 2009)</p>
Causa-efeito	Aqui, ali e em todo o lado. Pequenos fragmentos plásticos e <i>pellet</i> nas praias de Fernando de Noronha (Ivar do Sul <i>et al.</i> 2008)

CoastWatch

O Projecto CoastWatch em Portugal conta com 20 anos de existência, pretendendo promover, alertar, sensibilizar, informar e monitorizar o estado da Costa Portuguesa. Um protocolo assinado entre Ministério da Educação e do Ambiente em 1996 promove o Projecto.

Nas quatro campanhas 2005/2006, 2007, 2008 e 2010 verificou-se a predominância do plástico com cerca de 30 % de representatividade (sem incluir algumas categorias que

poderão englobar produtos plásticos), tal como se verifica na maior parte dos estudos incidentes sobre a poluição marinha em outros Países.

Segundo resultados do relatório da Campanha 2007/2008 existe maior acumulação de resíduos na zona supratidal do que na zona intertidal, o que é previsível dada a maior acumulação de resíduos plásticos trazidos por sucessivas marés, para além dos resíduos depositados pelas actividades recreativas.

Variações espaciais e temporais de resíduos em praias da Costa Transkei na África do Sul

Seis praias foram seleccionadas numa zona de linha de costa – 50 km de extensão, isto é, dois conjuntos de três praias em duas áreas diferentes. Cada conjunto foi amostrado, durante igual período de maré baixa, entre as três praias. As praias seleccionadas divergiram na morfologia, proximidade a povoações, utilização recreacional e tamanho das bacias hidrográficas adjacentes.

Um estudo piloto foi efectuado para avaliar diferenças espaciais na abundância e composição de resíduos acumulados ao longo do tempo. Para avaliar diferenças espaciais de pequena escala as amostras foram recolhidas no sul, centro e norte de cada praia. Três transectos, aleatoriamente escolhidos em cada uma destas áreas da praia, com 3 m de largura foram analisados (largura: 3 m, comprimento variável: 8-30 m, em função da largura da praia).

Comparações entre localizações e entre praias foram utilizadas para avaliar variações espaciais de larga escala. A aplicação de uma ANOVA de três entradas indicou que as diferenças de resíduos entre localizações e entre marés dentro das localizações não foram significativas. Existiram contudo diferenças significativas entre áreas.

Os plásticos corresponderam a cerca de 83 % do total de contagens e 47 % do peso total, com o poliestireno a ser o grupo mais representado com 8,5 % da abundância total.

Estratégias de amostragem de resíduos nas praias: existirá um “melhor” método?

Segundo Velander e Mocogni 2009, diversos métodos são utilizados, usualmente em função do tipo de resíduos a ser amostrados: acumulados ou recentemente depositados nas últimas linhas de maré.

Aplicaram-se 8 métodos a praias da Escócia (amostragem sobre extensões de 100 m, durante baixa-mar):

1. 5 linhas de maré com 1m largura desde a linha de maré mais recente – linha de maré baixa;

2. 5 linhas de maré com 1m largura mais a linha onde exista vegetação por exemplo, ou fim de praia;
3. 1ª linha de maré - mais recente e 5ª linha de maré, linha de vegetação;
4. 3 transectos de 5 m de largura marcados da vegetação até limite de água, todos os resíduos são contados;
5. 10 transectos de 1m de largura a intervalos de 10 m da vegetação até 1ª linha de maré;
6. aleatório: toda a área foi amostrada em quadrados 2x2 m utilizando uma tabela com a área numerada para selecção dos pontos de amostragem;
7. amostragem na 5ª linha de maré, com registo dos resíduos a uma largura de 1m;
8. amostragem na linha de vegetação;
9. amostragem num transecto de 5m de largura no meio da extensão de 100 m;
10. amostragem num transecto de 1m de largura no meio da extensão de 100 m.

Tanto o método como o local de amostragem têm um efeito muito significativo na quantidade de resíduos acumulados, segundo a ANOVA de duas entradas. Os métodos que incluíram linha de vegetação acumularam mais resíduos. Por último e de relevância para o presente estudo, a maior acumulação de resíduos marinhos recém-depositados regista-se com os métodos 6 e 7.

Poluição por resíduos nas costas da Jordânia no Golfo de Aqaba (Mar Vermelho)

Foram amostradas três praias na Costa da Jordânia para determinar a natureza, extensão e possíveis fontes dos resíduos acumulados. A média obtida foi de 3 a 5 itens.m⁻². Mais de 50 % dos resíduos recolhidos determinados são materiais plásticos (sem incluir poliestireno).

As três praias escolhidas partilhavam as características da presença de uma linha de maré uniforme, declive ligeiro, e ausência ou actividades humanas e perturbações mínimas. Contudo, divergiam noutras características.

Em cada praia um transecto de 50 m perpendicular à linha de costa foi marcado desde a linha de água até limite da praia. Os transectos variaram entre 10 a 20 m, num total de 16 transectos amostrados para as três praias, amostrados mensalmente durante 24 meses. Nestes, todos os resíduos com dimensão superior a 2cm foram contados, classificados e registados.

Os plásticos (sem contar com poliestireno) constituíram o grupo de resíduos mais abundante, com 49,5 % em 1994 e 51,1 % em 1995. O poliestireno constituiu 8,7 % e 7,9 % do total de resíduos registados nos mesmos anos respectivamente. A maior parte dos resíduos acumulados foi originado por actividades recreacionais e de transporte de mercadorias por embarcações.

Larguras ideais dos transectos para monitorização de categorias de plástico (relacionadas com as fontes) nas praias

Os métodos de monitorização em estudos quantitativos e qualitativos são muito diversos e, para alcançar o objectivo de prevenção na fonte, é necessário uma uniformização dos métodos, mesmo diante de divergências na variabilidade intrínseca das praias.

Pretendeu-se determinar os melhores tamanhos dos transectos para detecção da contaminação por plásticos na praia de Tamandaré – nordeste do Brasil.

Segmentaram-se transectos em diferentes intervalos crescentes e o número de categorias acumulado em cada intervalo foi utilizado para determinar a largura mínima necessária para, qualitativamente, caracterizar a contaminação por plásticos. Concluiu-se que a partir dos 15-20 m de largura dos transectos, há uma estabilização na variação das categorias de plástico identificadas.

O índice de *Shannon* foi utilizado para avaliar a distribuição quantitativa e qualitativa dos itens plásticos na praia.

Resíduos antropogénicos nas praias do sudeste Pacífico (Chile): Resultados de uma investigação nacional suportada por voluntários

No Chile, para determinar as quantidades e tipos de resíduos marinhos antropogénicos em 43 praias, recorreu-se à participação de voluntários de organizações sociais, grupos de cidadania e escolas num projecto nacional de investigação.

Em cada sítio, transectos foram inspeccionados, desde a linha de maré baixa até à base das dunas. Cada transecto foi dividido em 6 estações desde a linha da maré baixa até ao limite da praia. Em cada transecto, 2 a 6 quadrados 3x3 m foram monitorizados, em função da largura da praia, os resíduos foram contados e categorizados.

A presença de plásticos foi muito comum em toda a Costa, fazendo parte das maiores percentagens de resíduos marinhos encontrados.

Concluiu-se que as diferenças de resíduos eram significativamente diferentes entre as 5 regiões definidas na costa chilena. Entre zonas e entre estações também as densidades de resíduos marinhos foram distintas, registando-se nas estações mais elevadas, isto é mais próximas do limite da praia, maiores acumulações de resíduos.

Utilização de itens indicadores para monitorizar resíduos marinhos numa praia em New Jersey de 1991 a 1996

A US National Marine Debris Monitoring Program recorreu a itens indicadores para verificar diferenças nos resíduos marinhos acumulados nas praias ao longo de 5 anos, sobre uma área de estudo com 1500 m de comprimento numa praia em New Jersey.

Este trabalho decorreu com o recurso a voluntários. Realizaram-se protocolos de garantia de qualidade, para garantir que todos os itens residuais eram recolhidos. Os resíduos foram separados em dois grupos: itens indicadores e não indicadores. Os itens indicadores são divididos nas seguintes fontes: marinha, terrestre e geral.

Composição e Distribuição dos Resíduos Marinhos em Orange County, Califórnia

O presente estudo pretendeu quantificar a distribuição e composição dos resíduos nas praias por amostragem de 43 sítios estratificados (no tipo de linha de água rochosa *versus* arenosa) escolhidos aleatoriamente na Califórnia. Os itens mais abundantes determinados correspondem aos *pellet* de pré-produção, que provavelmente são perdidos durante o transporte dos produtores da matéria-prima para os processadores produtores dos produtos finais.

Sobre a importância da dimensão dos fragmentos plásticos e dos *pellet* nas linhas de mare: uma perspectiva de uma praia no Brasil

No método aplicado, ao longo de um transecto de 100 m com 1 m de largura, amostraram-se 9 quadrados de 988 cm² a uma profundidade de 2 cm, passando a amostra por uma peneira de malha 1-0,5 mm. O material obtido foi categorizado em plásticos pequenos, <20 mm e microplásticos, <1 mm, analisados ao microscópio. O plástico de maiores dimensões foi limpo, pesado e contado.

Foi analisada a abundância total de fragmentos plásticos (pequenos fragmentos <20mm e microplásticos <1 mm) e *pellet* virgens amostrados, relevando predominância de pequenos fragmentos plásticos e outros microplásticos.

Aqui, ali e em todo o lado. Pequenos fragmentos plásticos e *pellet* nas praias de Fernando de Noronha

Para determinar as principais categorias de plástico acumuladas, amostraram-se 11 praias do Arquipélago de Fernando Noronha, diferenciadas entre praias abrigadas e expostas a ventos.

Caracterização de Resíduos Plásticos na Costa Portuguesa – Será um Microproblema?

Em cada praia a linha de maré alta, de 1m de largura, foi amostrada através de um a três quadrados de 0,3x0,3 m, com recolha dos 2 cm superficiais. As amostras foram depois peneiradas (malha 1mm), e o material plástico retido pesado e classificado como fragmentos plásticos, *pellet* virgens, monofilamentos de *nylon*, poliestireno, alcatrão e vidro.

Nos resultados, este trabalho reforçou a ideia de prevalência de *pellet* e fragmentos plásticos como contaminantes marinhos a nível mundial. As praias mais ventosas foram significativamente mais contaminadas que as praias mais resguardadas. Não se verificaram diferenças significativas e entre áreas dentro das marés.

2. Metodologia de estudo

2.1 Plano de trabalho

A metodologia a utilizar neste trabalho foi delineada depois de definidos os objectivos da dissertação e depois de realizada uma introdutória revisão bibliográfica, relativa à problemática da acumulação de resíduos plásticos em ambiente marinho e diferentes técnicas de amostragem e monitorização a nível mundial. Seguiu-se a fase da amostragem preliminar e definitiva e de análise no laboratório com posterior discussão e conclusão dos resultados. A fase de escrita acompanhou todo o período de trabalho. O cronograma seguinte apresenta o plano de trabalho efectuado (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Cronograma do plano de trabalho.

Ano	2009			2010												2011	
Meses	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
Revisão Bibliografica																	
Definição de Objectivos																	
Delineamento de Metodologia																	
Amostragem Preliminar																	
Amostragem Definitiva																	
Processamento laboratorial																	
Escrita																	

Segue-se a apresentação das principais etapas (Figura 2.1). Mais adiante será pormenorizada a metodologia empregue na amostragem e em laboratório.

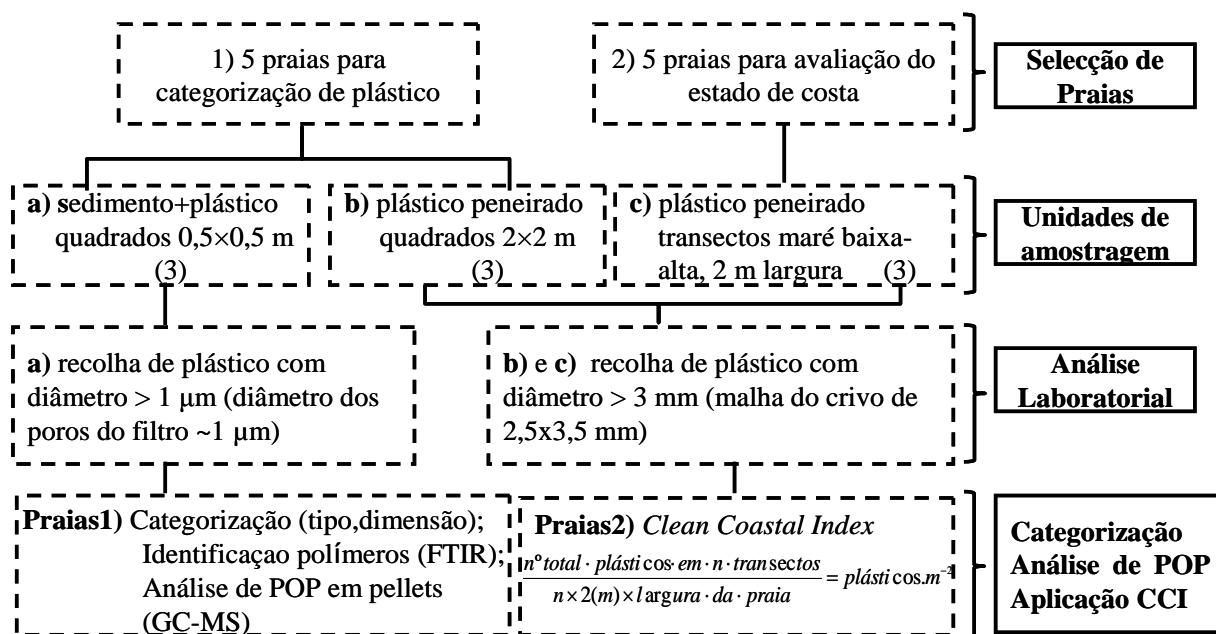


Figura 2.1 – Plano de trabalho detalhado.

2.2 Caracterização da área em estudo

“What happens in the vast stretches of the world's oceans - both wondrous and worrisome - has too often been out of sight, out of mind.”

(NCEAS, s.d.)

“No truly pristine place remains. Human activities heavily affect more than 40 percent of the world's ocean.”

(Halpern *et al.* 2008)

2.2.1 Introdução

Portugal Continental tem uma longa extensão de costa de 850 km (A.Ferreira, s.d.). Segundo os dados estatísticos de 2010, verifica-se a persistência da tendência de concentração populacional no Litoral, extensível às cinco regiões NUT II continentais (Norte, Centro, Lisboa, Alentejo, Algarve) (INE, 2010).

Associado ao facto da maior parte da população concentrar-se na linha de costa, decorrendo uma grande influência das fontes terrestres de resíduos plásticos na acumulação na linha de costa, ao considerar-se os factores terrestres mais determinantes do que os marinhos para a poluição dos oceanos, é relevante destacar a proximidade de portos, cidades, pontos de descarga domésticos e industriais, rios, ribeiras, indústrias plásticas (fonte inicial de resíduos) e químicas, entre outras fontes. O maior ou menor impacte destas fontes é função da sua maior ou menor concentração ao longo da linha de costa.

Relativamente a indústrias químicas e derivados, com potencial influência na acumulação de plástico e POP em plásticos ao longo da costa portuguesa, encontram-se sobretudo localizadas em Lisboa e Porto, e também nalguns núcleos da faixa litoral, como Leiria e Marinha Grande (Brito 1994, citado em Ferreira, s.d), além dos complexos petroquímicos de Sines e químico de Estarreja, fora do eixo Porto-Lisboa.

Quanto aos factores abióticos, à latitude continental, a direcção do vento predominante é de noroeste. Há uma interacção entre os ventos e os oceanos, de modo que decorrem transferências de energia entre o vento e as camadas superficiais dos oceanos, isto é, as correntes marinhas. Forçosamente estes factores são variáveis forçadoras do sistema de transporte e acumulação de resíduos plásticos nos oceanos (Brown *et al.* 1993), sendo determinantes para a escolha das praias com o objectivo de determinação do plástico acumulado e sua categorização. Relativamente ao relevo do litoral oeste onde incide o presente estudo, apresenta fracções de costa muito diversas. As zonas baixas, excluindo a área

litoral de fraco relevo compreendida entre Espinho, Coimbra e o cabo da Roca, encontram-se apenas nas margens apertadas dos rios principais. de costas altas (A. Ferreira, s.d).

A Costa Portuguesa Ocidental pode dividir-se nos seguintes troços:

- 1. Foz do Rio Minho até Espinho – costa alta quase rectilínea
- 2. Espinho até Nazaré – costa baixa e arenosa
- 3. Sul da Nazaré até Foz do rio Tejo
 - costa alta e rochosa com falésias, talhadas em planaltos calcários e duros;
 - acidentes litorais - concha de S. Martinho do Porto, Lagoa de Óbidos e Tômbolo de Peniche (cabo Carvoeiro) e Cabo da Roca;
- 4. Lisboa a Setúbal – costa baixa com estuários do Tejo e Sado e cabo Espichel
- 5. Foz do Sado a Sines – costa baixa dominada por uma área extensa e contínua de praias arenosas cuja granulometria do sedimento aumenta de norte para sul
- 6. Cabo de Sines a Sagres – costa alta rochosa quase rectilínea com pequenas praias.

Foi efectuado um estudo pelo ecologista Benjamin Halpern, para estimar e visualizar pela primeira vez, os impactes humanos globais que estão a decorrer sobre os ecossistemas marinhos. Verificou que nenhuma área permanece verdadeiramente limpa e que as actividades humanas afectam significativamente mais de 40 % dos oceanos no mundo (Halpern *et al.* 1998).

Dos mapas obtidos nesse estudo (ver Anexo 1 - Figura A.1.1-A.1.4), no que diz respeito a 4 categorias de impacte humano os resultados são os seguintes:

- poluição por transporte comercial em embarcações é elevada a norte e muito elevada a sul de Peniche (com excepção do troço entre Tróia e Sines);
- poluição de origem oceânica é muito elevada em toda a linha de costa, e apenas elevada no troço entre cerca de 10 km a norte da Figueira da foz e 10 km a sul de Peniche, e novamente elevada em Vila do Bispo;
- poluição inorgânica varia significativamente, sendo muito elevada à volta das principais cidades – Porto, Coimbra e Lisboa, e com impacte médio em Ovar, Mira, Marinha Grande, e de um modo geral, em toda a costa alentejana e do Algarve;
- poluição orgânica é desde média-elevada a muito elevada à volta de Coimbra, Lisboa e Sines, e Porto respectivamente, a média e baixa na restante linha de costa.

2.2.2 Praias em estudo

A população de estudo compreende todas as praias arenosas do litoral. Desta população de praias restringe-se a amostragem a praias de difícil acesso. Para os diferentes objectivos são escolhidas algumas praias que se pressupõem representativas das praias arenosas da Costa, para que se possa inferir qualquer conclusão a partir dos resultados obtidos.

A selecção do método de monitorização de plástico em praias prende-se com a facilidade de acesso e o custo económico quando comparado com outros tipos de monitorização de plástico (monitorização na superfície marinha e em profundidade) e para além disso, corresponde à técnica mais utilizada para monitorizar resíduos marinhos (Madzena e Lasiak 1997).

O estudo dos resíduos plásticos é realizado em praias localizadas numa distância com cerca de 540 km de extensão (distância em linha recta obtida através do GoogleEarthTM), na costa oeste de Portugal.

Existem, como apresentado no sub-capítulo anterior, 6 regiões morfológicamente distintas no litoral em estudo. Dado que o troço Lisboa – Setúbal é pequeno e semelhante ao troço Setúbal Sines, juntam-se de modo a existirem cinco regiões principais, e a partir destas escolher-se-á uma praia por região para o presente estudo.

Abu-Hilal e Al-Najjar (2004) referem que a quantidade de resíduos acumulada está principalmente relacionada com os factores físicos - distância da praia às principais fontes, forma, fisiografia e orientação da praia. Relativamente aos factores abióticos, os predominantes são a direcção do vento, as ondas superficiais e correntes (Debrot *et al.* 1999).

Para além destes factores, os sedimentos das praias variam de dimensão, existindo sedimentos grosseiros (cascalhos e burgaus), ou areias de dimensão média a fina, podendo verificar-se a coexistência de ambos numa mesma praia. A granulometria do sedimento de praia quanto mais fina for mais favorecerá a acumulação de plástico (Gregory 2009). Também os usos e ocupações do solo divergem ao longo do litoral. Por conseguinte, a percepção da proximidade destas fontes é relevante, ao auxiliar na interpretação dos resultados obtidos.

Para os dois objectivos, de categorização de plástico dos principais resíduos que se acumulem nas praias e avaliação do estado da costa, definem-se dois conjuntos de praias.

2.2.2.1 Praias para categorização de plásticos

Dada a influência da predominante orientação noroeste do vento e por conseguinte das correntes marinhas superficiais no transporte de resíduos marinhos, foram escolhidas praias arenosas orientadas a norte onde se prevê maior acumulação de resíduos, para determinar as principais categorias de macro e microplásticos.

É relevante obter amostras que tenham uma maior composição possível de plásticos, para se poder tirar conclusões sobre a variedade de plásticos que se distribui no oceano nesta faixa do Oceano Atlântico. As praias com orientação a norte prevêm-se mais vulneráveis à acumulação de plástico e a proximidade a norte de fontes terrestres de plásticos incrementará esta acumulação (pressuposto deduzido pela influência comprovada de 70-80 % de fontes terrestres na acumulação de resíduos marinhos nos oceanos – Bowmer e Kershaw 2010).

Foram escolhidas cinco praias inseridas nas 5 regiões acima definidas, acabando potencialmente por incluir uma grande variabilidade na acumulação de plástico - 1. Foz do Rio Minho até Espinho – Praia da Agudela; 2. Espinho até Nazaré – Praia da Cova de Alfarroba; 3. Sul da Nazaré até Foz do rio Tejo – Praia da Cresmina; 4. Lisboa a Sines – Praia da Fonte da Telha; 5 - Cabo de Sines a Sagres – Praia da Bordeira. Na seguinte tabela apresentam-se as praias amostradas e algumas características da região onde se localizam, identificadas por análise visual do território através do GoogleEarthTM e com recurso ao Serviço Nacional do Instituto dos Recursos Hídricos (SNIRH, s.d.) - Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Apresentação das praias para categorização de plásticos – localização e potenciais fontes terrestres identificadas por observação no GoogleEarth™ e SNIRH.

Praias	AGU	COV	CRE	FON	BOR
	Agudela	Cova de Alfarroba	Cresmina	Fonte da Telha	Bordeira
Latitude	41°23'1.25"N	39°21'37.67"N	38°43'28.16"N	38°34'9.15"N	37°11'50.69"N
Longitude	8°46'16.34"W	9°21'45.78"W	9°28'34.61"W	9°11'40.40"W	8°54'14.55"W
Distrito/Região	Porto/1	Leiria/3	Lisboa/3	Setúbal/4	Algarve/5
Orientação a norte	média	acentuada	média	média	acentuada
Portos (<10 km)	Leixões	Peniche	-	Lisboa	-
Cidades (<10 km)	Matosinhos	Peniche	Cascais	-	-
Pontos de descarga de água residual (< 10 km)	3 descargas ¹	7 descargas ²	1 descarga ³	-	-
Rios/Ribeiras	Ave (~20km) Douro (~10km)	-	Tejo (~20km)	Tejo (~10km)	Mira (~30km), Ribeira da Bordeira
Indústrias Química/Plásticos (<10 km)	Zonas Industriais de Fajozes, Aveleda; Petrogal; Alcan Packaging Porto – Soplaril Portugal ⁴	Plastimar ⁵	-	-	-

1 – Emissário Matosinhos Petrogal e Bocas de Esgoto 1 e 2 - Vila Chã.

2 - Descargas Peniche 1,2,3,4 e 5 e Bocas de Esgoto - Peniche de Cima e Praia dos Frades.

3 - Boca de Esgoto - Arneiro
(SNIRH, s.d.)

4 – Produção de Embalagens, Sacos, Filmes (Cámara Valencia, s.d.)

5 – Produção de produtos plásticos em esferovite para o sector alimentar, não alimentar, construção civil e embalagens industriais (Plastimar, s.d.)

Relativamente à indústria química Petrogal com proximidade à praia da Agudela, foram recolhidos no SNIRH dados relativos a análises feitas a alguns parâmetros em 21 de Fevereiro de 2002, que indicam a descarga de POP a níveis acima dos limites de detecção para os seguintes compostos: DDT – pp'DDE, soma (DDT, DDE, DDD); PAH – antraceno, benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, benzo(ghi)perileno, benzocriseno, criseno e trifenileno, dialdrina, fenantreno, fluorenteno, indeno-[1,2,3-cd]pireno, naftaleno, perileno, pireno; PCB – policlorobifenilos 7; 2,2',4,4',5,5'-hexaclorobifenilo; 2,3,4,2',4',5'- hexaclorobifenilo; 2,3,4,5,2',4',5'heptaclorobifenilo; 2,4,4'tricleorobifenilo; 2,4,5,2',5'pentaclorobifenilo; 2,4,5,2',5'pentaclorobifenilo; 2,4,5,3',4'pentaclorobifenilo; 2,5,2',5'tetraclorobifenilo.

2.2.2.2 Praias para avaliação do estado da costa

Para o segundo objectivo escolheu-se um conjunto de 5 praias, cuja localização foi predefinida a partir da divisão da distância a partir da fronteira com Espanha em Caminha até à Ponta de Sagres em 5 partes iguais de 108 km cada. No ponto da distância média de cada parte, procurou-se amostrar a praia mais próxima, com acesso não restringido.

Coloca-se o pressuposto de que as praias amostradas nas cinco regiões acima descritas são representativas desses troços.

Ao contrário das praias para categorização de plásticos (Figura 2.2), o critério de exposição a norte não foi priorizado, por não fazer parte dos objectivos de aplicação do índice CCI, que visa fornecer uma perspectiva do estado geral médio da costa no que diz respeito à acumulação de resíduos plásticos.

Tabela 2.3 – Apresentação das praias para avaliação do estado da costa - localização e potenciais fontes terrestres identificadas por observação no GoogleEarth™ e SNIRH..

Praias	POV	MIR	FOZ	BIC	CARV
	Póvoa do Varzim	Mira	Foz do Arelho	Bicas	Carvalhal
Latitude	41°23'1.25"N	40°24'34.80"N	39°26'16.00"N	38°27'51.14"N	37°29'59.22"N
Longitude	8°46'16.34"W	8°49'4.24"W	9°13'33.90"W	9°11'33.20"W	8°47'29.47"W
Distrito/Região	Porto/1	Coimbra/2	Leiria/3	Setúbal/4	Algarve/5
Orientação a norte	média	média	média	média	média
Portos (<10 km)	-	-	-	-	-
Cidades (<10 km)	Póvoa do Varzim; Vila do Conde	Mira	Caldas da Rainha	Sesimbra	-
Pontos descarga água residual (< 10 km)	1 descarga ¹	1 descarga ²	1 descarga ³	-	-
Rios/Ribeiras/Lagoas	Ave (~5km)	Ria de Aveiro (20km)	Lagoa de Óbidos	Tejo (30km) Sado (30km)	Odeceixe (<10km)
Indústrias Química/Plásticos (<10 km)	Zonas Industriais de Laundos, Cardosas, Varziela	-	-	-	-

1 – Boca de esgoto na praia Nova do Mindelo (sul)

2 – ETAR praia de Mira (norte)

3 - Emissário submarino Foz do Arelho (a poucos quilómetros a norte);
(SNIRH, s.d.)

Na imagem seguinte apresentam-se as praias em estudo (Figura 2.2)



Figura 2.2 – Localização dos locais de amostragem (mapa do Instituto Geográfico Português, s.d).

2.2.3 Plano de amostragem

A metodologia adoptada é diferenciada para os dois tipos de praias (Figura 2.2). A análise realizada insere-se num estudo de referência, pretendendo para uma situação de inexistência de dados, apresentar uma perspectiva inicial do Estado da Costa baseada na avaliação qualitativa e quantitativa da acumulação de plástico nestas 10 praias.

2.2.3.1 Método de amostragem

O método de recolha das amostras diverge entre as praias em estudo. No entanto, para ambas, as amostragens são efectuadas apenas uma vez em cada praia.

Praias para categorização de plásticos

Para a familiarização com o processo de amostragem, realizou-se uma amostragem preliminar na praia da Cresmina, com posterior classificação do plástico, por classes e tamanho, através da sua abundância e peso, e observação de microplásticos retidos nos filtros, no microscópio.

Nesta categoria de praias é realizada a amostragem junto à última linha de preia-mar, colocando-se o pressuposto que os plásticos recentemente depositados acumulam-se preferencialmente nessa zona (Figura 2.3a). Como referem Velander e Mocogni (1999) a amostragem na linha da última maré alta (com 1m de largura) foi um dos dois métodos (entre 10 métodos) que forneceu as maiores quantidades de resíduos recentemente depositados.

São recolhidos, para cada praia, 1) os plásticos retidos em crivos (malha 2,5×3,5 mm) em três quadrados de dimensão 2×2 m (Figura 2.3b) e 2) o sedimento superficial com profundidade de 2 cm, em três quadrados de dimensão 0,5×0,5 m (Figura 2.3c).

Os pontos de amostragem são escolhidos em função dos locais de preia-mar onde visualmente se detectar uma maior acumulação.



Figura 2.3 – A) resíduos na linha de preia-mar (Praia do Carvalhal); B) quadrados 2x2 m (Praia da Cresmina); C) peneira do sedimento+plásticos.

Praias para avaliação do estado da costa

Procedeu-se à amostragem de apenas três transectos com largura de 2 m desde a linha de água da maré baixa até à maré alta (Figura 2.4), para a aplicação do índice *Clean Coast Index*. A primeira amostra foi colhida no ponto com as coordenadas apresentadas na Tabela 2.3. Os dois transectos seguintes localizam-se a cada 25 m desta primeira amostra. A amostra é constituída pelos resíduos retidos num crivo de malha 2,5×3,5 mm.



Figura 2.4 - Exemplificação dos transectos de amostragem (tracejado) efectuados na praia da Póvoa do Varzim.

2.2.3.2 Programa de amostragem

Para ambas as amostras dois períodos de amostragem são considerados, durante as marés vivas equinociais de Março, no período de lua cheia e lua nova, dado que nas marés vivas equinociais verificam-se condições extremas de altura de marés (Instituto Hidrográfico, s.d.b), associadas à ocorrência de uma provável maior acumulação de resíduos marinhos na linha de costa (sob adicional influência dos ventos e correntes marinhas).

A ficha de recolha de dados nas praias encontra-se no Anexo 2. Trata-se de uma adaptação de um formulário da NOAA (Ribic *et al.* 1992), para registo de algumas características meteorológicas e físicas de cada praia.

2.2.4 Análise no laboratório

2.2.4.1 Categorização dos resíduos plásticos por tipo e dimensão

Para esta classificação são efectuados os seguintes passos:

- a amostra é colocada numa solução hipersalina num aquário – 5 L água e 140 g.L^{-1} NaCl - quatro vezes a salinidade média do mar de 35 g.L^{-1} (Dias, s.d.);

- os plásticos identificados a olho nu, que flutuam à superfície da solução, são retirados e colocados em caixas de Petri;
- para recolher os microplásticos de menor dimensão, não identificados visualmente, a solução (Figura 2.5a) é filtrada com recurso à bomba de vácuo GAST (Figura 2.5b) por filtros de fibra de vidro Whatman® ~1 µm de poro com diâmetro de 47 mm; os filtros são observados ao microscópio, sendo daí recolhidos os microplásticos visualmente identificados para lâminas côncavas.

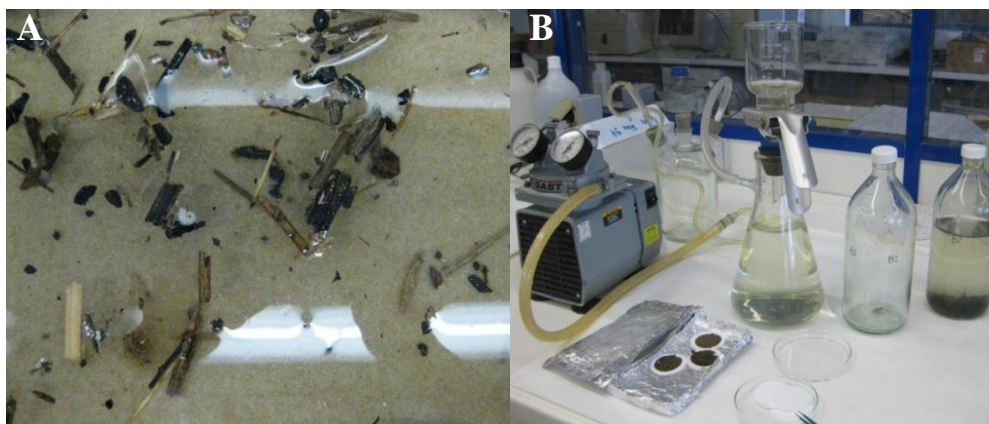


Figura 2.5 - A) amostra colocada em solução hipersalina; B) filtração da solução hipersalina com recurso à bomba de vácuo, para recolha de microplásticos.

- os plásticos colocados nas caixas de Petri são categorizados por dimensão e tipo (Tabela 2.5 e Figura 2.6) segundo uma adaptação das classes definidas por Ogi e Fukumoto (2000) apresentadas no Anexo 3 – Tabela A.3.1;
- procede-se à contagem e pesagem dos plásticos em balança analítica de precisão;
- observação de microplásticos, recolhidos para lâminas côncavas, ao microscópio e à lupa binocular, categorização visual e contagem, com posterior selecção de alguns microplásticos para identificação pela técnica de Espectroscopia de Infra-vermelhos por Transformada de Fourier – espectrómetro Thermo® Nicolet Nexus, associada a um microscópio (micro-FTIR).

As classes de dimensão e o tamanho respectivo dos plásticos apresentam-se de seguida (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 – Classes de tamanho para categorização dos itens plásticos.

Classe	Diâmetro item plástico (mm)
1	≤ 1 mm
2	>1 mm e ≤ 2 mm
3	>2 mm e ≤ 3 mm
4	>3 mm e ≤ 4 mm
5	>4 mm e ≤ 5 mm
6	>5 mm e ≤ 6 mm
7	>6 mm e ≤ 7 mm
8	>7 mm e ≤ 8 mm
9	>8 mm e ≤ 9 mm
10	>9 mm e ≤ 10 mm
11	>10 mm

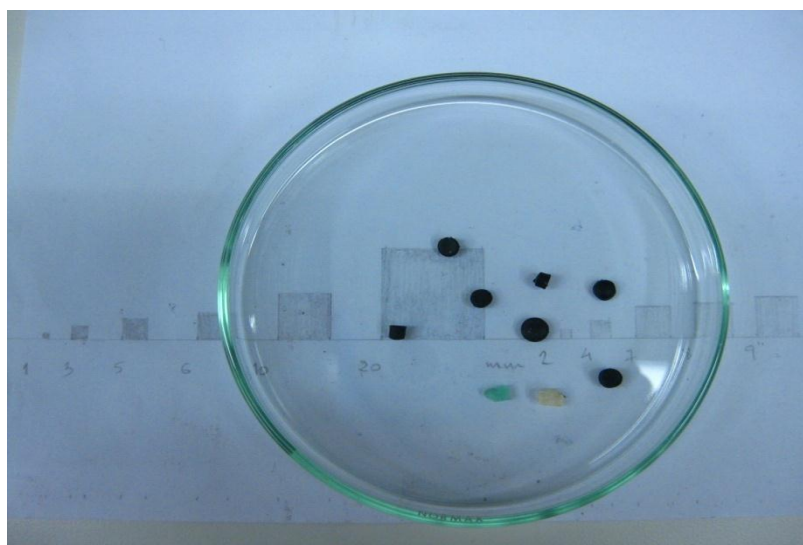


Figura 2.6 - Categorização visual nas classes de tamanho definidas.

Tabela 2.5 - Categorias de resíduos plásticos seleccionados da lista de classes de Ogi e Fukumoto 2000.

Item plástico (P-item)		Sub-item	Tipo de plástico
1	<i>Pellet</i>	1	<i>Pellet</i>
2	Produtos plásticos	3	Fita dura de embalamento
		5	Tampas
		6	Argolas de abertura de embalagens, tampas interiores
		8	Embalagens
3	Fragmentos de produtos plásticos	10	Fragmentos de produtos plásticos
		11	Palhinhas
		13	Tubos
		14	Corda
		15	Fita dura
4	Borracha sintética	19	Borracha sintética
		20	Bandas elásticas
5	Fibra sintética	21	Mono-filamento
		22	Fio, fita suave
		23	Fibra
6	Poliestireno	24	Poliestireno
7	Esponja	26	Esponja
8	Filme plástico (grossura < 2 mm)	28	Filme plástico
		29	Fita
		30	Sacos
9	Outros	31	Outros

2.2.4.2 Espectroscopia de Infra-vermelhos por Transformada de Fourier

Foi feita uma selecção dos tipos de microplásticos (das lâminas côncavas) mais representativos da abundância total observada ao microscópio. De seguida, procedeu-se à identificação de alguns polímeros constituintes pelo método analítico micro-FTIR. Trata-se de um espectroscópio utilizado na identificação de polímeros naturais ou sintéticos (Quye e Williamson 1999), utilizando micro-amstras.

Através desta técnica a amostra é exposta a luz infravermelha em todo o seu espectro de comprimentos de onda, causando a vibração de determinadas ligações químicas, grupos funcionais, da amostra. A esta reacção vibratória corresponde a absorção do comprimento de onda pelas ligações químicas, numa região específica do espectro. O detector presente no instrumento identifica os comprimentos de onda que não são absorvidos, mas sim

transmitidos ou reflectidos, obtendo-se a resposta espectral da amostra. O polímero presente na amostra é identificado, por comparação da resposta espectral obtida com a de polímeros conhecidos (Quye e Williamson 1999). No presente estudo a comparação foi feita recorrendo às bases de dados existentes no espectroscópio - Thermo Nicolet® OMNIC FTIR, de modo a serem identificados os espectros-padrão mais semelhantes às amostras analisadas.

Esta técnica permite uma análise de micro amostras ou áreas específicas de uma amostra (Graf, Koenig e Ishida 1987 citado em Mattos *et al.* 2004).

2.2.4.3 Poluentes orgânicos persistentes em *pellet*

Foram separados visualmente os *pellet* brancos, envelhecidos e coloridos com diâmetro igual ou inferior a 5 mm, como exemplificado na Figura 2.7.

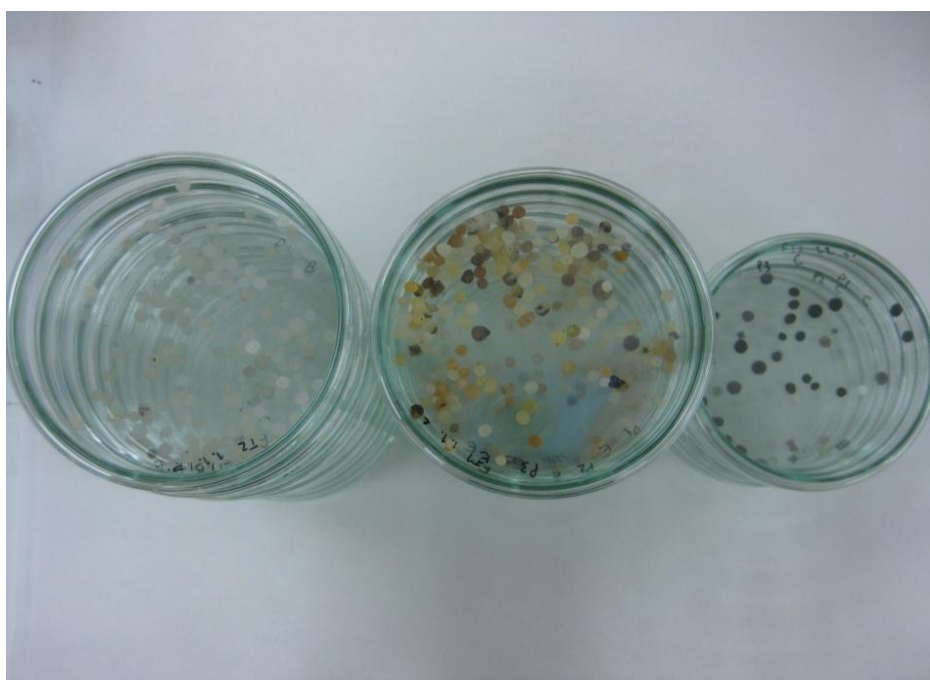


Figura 2.7 – Pellet separados pela cor (*pellet* brancos, envelhecidos, coloridos).

A determinação de POP foi realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS). Determinaram-se as concentrações de DDT, PAH e PCB adsorvidas a partículas de plástico recolhidas em cinco praias.

As amostras de *pellet* correspondem ao conjunto das 6 sub-amostras (*pellet* dos três quadrados 2x2 m e três quadrados 0,5x0,5 m combinados numa única amostra), para cada uma das praias. Assim, no total obtiveram-se 15 amostras (3 amostras de *pellet* brancos,

envelhecidos e coloridos por cada uma das cinco praias). Apenas as amostras com peso superior a 1 g foram seleccionadas para análise de POP, uma vez que é necessário esse peso mínimo para a análise.

As técnicas utilizadas para identificação de PCB, DDT e PAH apresentam-se no Anexo 4.

2.2.4.4 Aplicação do índice *Clean Coast Index*

Este índice foi desenvolvido para medir o sucesso do programa *Clean Coast* para praias mais limpas, na costa de Israel, e para aumentar a consciência pública (Alkalay *et al.* 2007). É utilizado como uma ferramenta de avaliação do estado de “limpeza” da costa, com uma nova abordagem ao medir os resíduos plásticos como indicador do grau de limpeza de uma praia.

Foi feita uma adaptação ao método originalmente estabelecido por este autor, embora se mantenham as orientações gerais. O CCI é medido em transectos, desde a linha de maré-baixa até à maré alta. Os transectos têm 2 m de largura

O cálculo do Índice CCI é efectuado com recurso à seguinte equação:

$$\frac{n^{\circ} total \cdot plásticos \cdot em \cdot n \cdot transectos}{n \times 2(m) \times largura \cdot da \cdot praia} = plásticos.m^{-2}$$

Neste índice, o número total de plásticos com diâmetro superior a 2 cm é escolhido para numerador. Foi seleccionada esta dimensão por ser mais prática e conveniente a sua recolha.

Tal que:

- *n° total plásticos contado em n linhas* é o número de plásticos contados com diâmetro > 5 mm
- *n* é o número de transectos
- *largura da praia* alterada para largura da praia desde linha de maré baixa até preia-mar

De modo a tornar os resultados mais claros, os resultados foram divididos nas seguintes classes:

0-0,1 resíduos.m⁻² – muito limpa

0,1-0,25 resíduos.m⁻² – limpa

0,25-0,5 resíduos.m⁻² – moderadamente limpa

0,5-1 resíduos.m⁻² – poluída

1 resíduos.m⁻² – extremamente poluída

De seguida, por conveniência de interpretação dos resultados, um coeficiente K=20 é inserido no cálculo do índice CCI, multiplicando a equação acima referida por este coeficiente, tal que:

Índice Qualitativo	Muito limpa	Limpa	Mo. Limpa	Poluída	Muito poluída
Índice Numérico	0-2	2-5	5-10	10-20	20 +

O trabalho laboratorial, no presente estudo realizado com estas amostras, incluiu a separação dos plásticos de diâmetro superior a 5 mm – macroplásticos (em vez do limite de 2 cm utilizado no estudo original), para aplicação posterior do índice CCI.

2.2.4.5 Análise estatística

Foi aplicada uma análise de variância a um factor ao número de itens dos tipos predominantes de plástico, para testar diferenças entre praias (nível de significância $p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$). Utiliza-se para o efeito o Programa *Statistica 7.0*[®].

3. Resultados

3.1 Categorização dos resíduos plásticos por tipo e dimensão

As praias amostradas apresentam semelhanças entre si, com declives baixos (inferiores a 5 %) a muito baixos (inferior a 1%), à excepção da praia da Agudela (cerca de 15 %), extensões grandes (praia da Fonte da Telha inserida num extenso areal com mais de 20 km), à excepção da praia da Cresmina (extensão de cerca de 350 m), abertas ao mar e de granulometria fina a média (Tabela 3.1). Todos estes valores qualitativos foram definidos visualmente durante a amostragem, tratando-se de valores relativos face a variação encontrada entre praias (o mesmo tipo de avaliação foi feito para o segundo grupo de praias – avaliação do estado da costa).

Tabela 3.1 – Dados de caracterização das praias.

Praias	AGU Agudela	COV Cova de Alfarroba	CRE Cresmina	FON Fonte da Telha	BOR Bordeira
Orientação a norte	acentuada	acentuada	média	média	acentuada
Declive	médio	muito baixo	baixo	baixo	muito baixo
Extensão	grande	grande	pequena	grande	grande
Aberta/Arribas	aberta	aberta	aberta	aberta	aberta/arribas
Granulometria sedimento	fina/média	média	fina	fina	fina

As condições meteorológicas e do mar durante a amostragem encontram-se no Anexo 5 – Tabela A.5.1 e Tabela A.5.2.

Relativamente às condições meteorológicas registou-se em todas as praias vagas de direcção oeste-este, menos na Cresmina (muito variável), ondulações baixas (Agudela, Cresmina) a médias (Cova de Alfarroba, Fonte da Telha e Bordeira), vento de direcção muito variável mas nunca norte-sul e vento fraco a moderado em todas as praias.

No que diz respeito às fontes terrestres (Tabela 2.2), a praia da Agudela é a primeira a sobressair, devido à existência de 3 descargas, ribeiras e indústrias num raio de 20 km, seguida da praia da Cova de Alfarroba com 7 descargas e uma indústria de plásticos na proximidade. As praias Fonte da Telha e Bordeira estão próximas de rios localizados a norte, e a praia da Cresmina não tem nenhuma potencial fonte terrestre nas proximidades, num raio de 10 km.

É possível observar na Figura 3.1 a acumulação total de resíduos por praia.

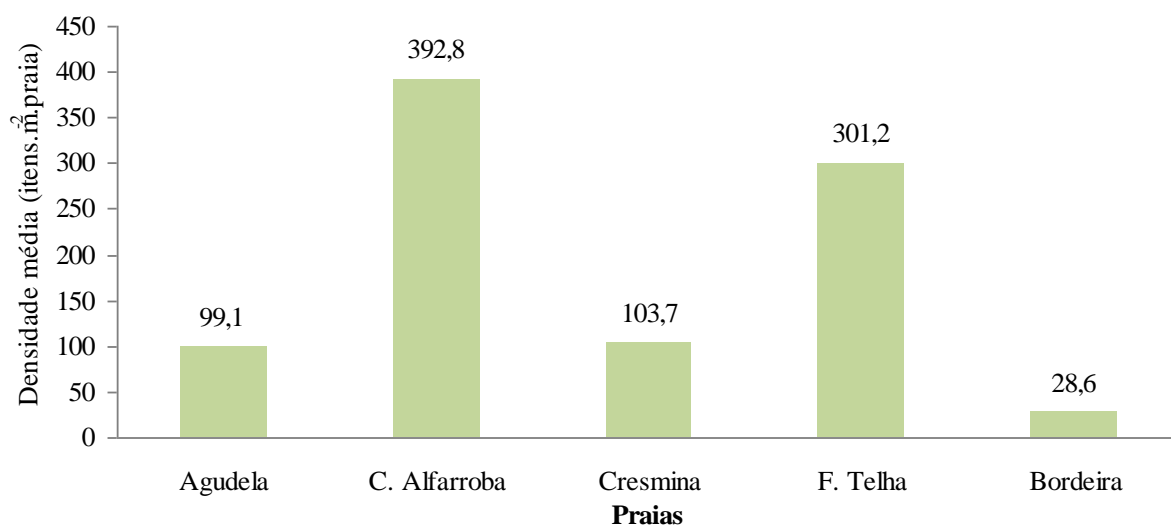


Figura 3.1 – Densidade média de resíduos plásticos por praia.

Obteve-se uma grande variabilidade nas densidades médias de resíduos por praia. Verificaram-se respectivamente nas praias da Agudela, Cova de Alfarroba, Cresmina, Fonte da Telha e Bordeira, densidades médias de cerca de 99,1 itens.m⁻², 392,8 itens.m⁻², 103,7 itens.m⁻², 301,2 itens.m⁻² e 28,6 itens.m⁻². Verificou-se maior acumulação na praia da Cova de Alfarroba, seguida da praia Fonte da Telha (ambas com valores próximos e correspondentes a 75 % dos resíduos acumulados totais amostrados nas 5 praias), Cresmina e muito próxima Agudela, e por fim Bordeira.

Um total de 11799 resíduos plásticos com ~2322 g foi identificado, com uma densidade média de 185,1 itens.m⁻² (e peso médio de 36,4 g.m⁻²) sem contabilizar os microplásticos retidos nos filtros. Relativamente às classes definidas inicialmente para categorização qualitativa do plástico, apresenta-se de seguida as abundâncias e pesos totais, e respectivas percentagens (Tabela 3.2)

Os registos fotográficos detalhados da categorização do tipo e dimensão são apresentados no Anexo 6.

Tabela 3.2 – Abundância total e peso total, em valores absolutos e relativos (%) no conjunto das 5 praias.

Item plástico (P-item)	Sub-item	Tipo de resíduos	Abundância (n)		Peso (g)	
1 <i>Pellet</i>	1	<i>Pellet</i>	3925	33,3 %	94,6	4,1 %
2 Produtos plásticos	3	Fita dura de embalagem	4	0,0 %	0,6	0,0 %
	5	Tampas	45	0,4 %	87,8	3,8 %
	6	Argolas de abertura de embalagens, tampas interiores	34	0,3 %	44,9	1,9 %
	8	Embalagens	15	0,1 %	285	12,3 %
	10	Fragmentos de produtos plásticos	2167	18,4 %	1263,3	54,4 %
	11	Palhinhas	6	0,1 %	2,0	0,1 %
3 Fragmentos de produtos plásticos	13	Tubos	254	2,2 %	39,7	1,7 %
	14	Corda	80	0,7 %	310,5	13,4 %
	15	Fita dura	5	0,0 %	3,1	0,1 %
	19	Borracha sintética	23	0,2 %	11,9	0,5 %
	20	Bandas elásticas	2	0,0 %	1,5	0,1 %
4 Borracha sintética	21	Mono-filamento	31	0,3 %	1,1	0,0 %
	22	Fio, fita suave	4	0,0 %	0,0	0,0 %
	23	Fibra	30	0,3 %	10,4	0,4 %
5 Fibra sintética	24	Poliestireno	4344	36,8 %	37,1	1,6 %
6 Poliestireno	26	Esponja	291	2,5 %	35,5	1,5 %
7 Esponja	28	Filme plástico	333	2,8 %	11,6	0,5 %
	29	Fita	6	0,1 %	0,9	0,0 %
	30	Sacos	28	0,2 %	17,8	0,8 %
8 Filme plástico (grossura < 2mm)	31	Outros	173	1,5 %	62,5	2,7 %
9 Outros						

Os *pellet* (~33 %), fragmentos plásticos (~18 %). e poliestireno (37 %) perfazem cerca de 89 % do total de abundância. Relativamente ao peso, estas mesmas classes correspondem a cerca de 60 % do total - poliestireno ~2 %, fragmentos plásticos ~54 %, *pellet* ~4 %.

Segundo a distinção entre resíduos de pré e pós-consumo verificam-se percentagens de ~33 % nos primeiros contra ~67 %.

De seguida, apresentam-se as percentagens das classes de tipo predominantes, segundo abundância e peso (Figura 3.2).

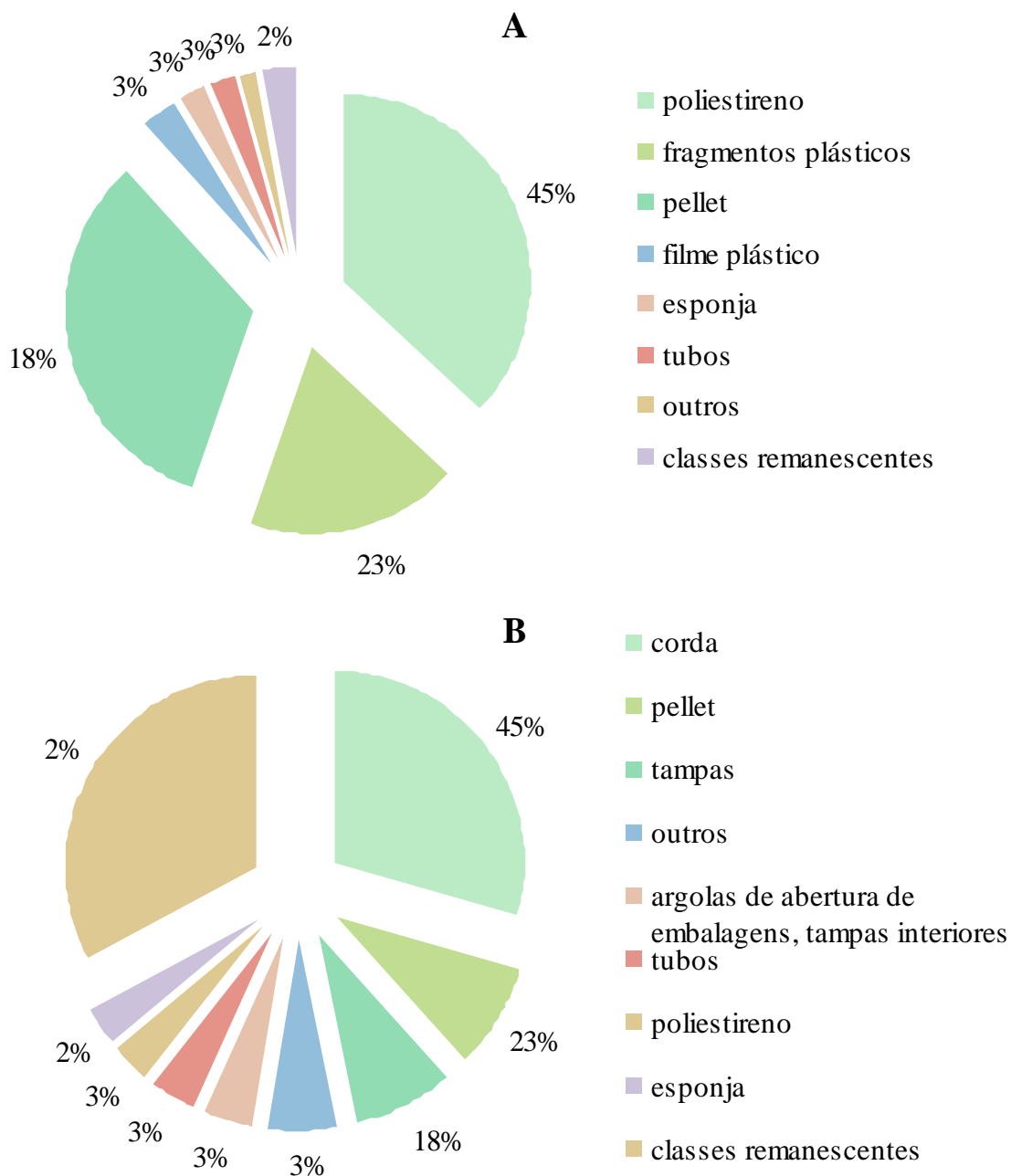


Figura 3.2 – Principais subcategorias de plástico em percentagem: A) por número (n); B) por peso (g).

De seguida apresenta-se a variabilidade entre classes, relativamente à dimensão (Figura 3.3).

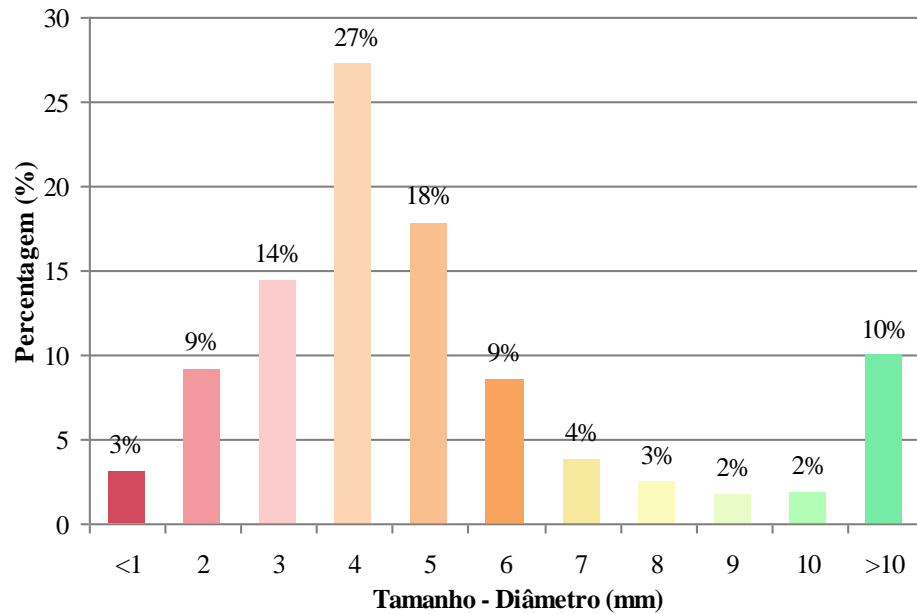


Figura 3.3 – Distribuição das classes de dimensão por abundância.

Em relação ao tamanho, a abundância é maior para dimensões mais pequenas, principalmente classes 3, 4 e 5 mm, diminuindo depois a representatividade para classes de maior dimensão, à excepção da classe >11 mm e itens < 3 mm. Verifica-se que a parcela composta por microplásticos, isto é, menor ou igual a 5 mm de diâmetro, é representada por cerca de 72 % do total das amostras.

Um exemplo dos resíduos plásticos recolhidos numa amostra pode ser verificado na seguinte figura, destacando-se a variação nos tamanhos, formas e materiais encontrados.



Figura 3.4 – Plástico recolhido na Praia da Cresmina, num dos três quadrados 2x2 m.

Identificou-se em duas praias, da Bordeira e Cova de Alfarroba, a presença de resíduos plásticos colonizados por organismos marinhos (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Vestígios de utilização de plástico por fauna marinha em A) pedaço de esponja na Praia da Bordeira; B) saco de plástico na Praia da Cova de Alfarroba.

3.1.1 Análise do tipo e dimensão dos plásticos por praia

Registaram-se para todas as praias tendências de maior abundância nas 3 classes apresentadas de poliestireno, fragmentos plástico e *pellet* e nos plásticos de menor dimensão – 3, 4 e 5 mm, mas também na classe >11 mm. As classes de maior peso estão principalmente representadas pelos fragmentos plásticos e classes de maior dimensão.

3.1.1.1 Agudela

Como apresentado na Figura 3.6a o poliestireno, fragmentos plásticos e *pellet* são as classes que apresentam o maior número de itens, seguida por filmes plásticos e esponjas. Quanto ao peso (Figura 3.6b), regista-se maior representatividade nas embalagens, seguidas dos fragmentos plásticos.

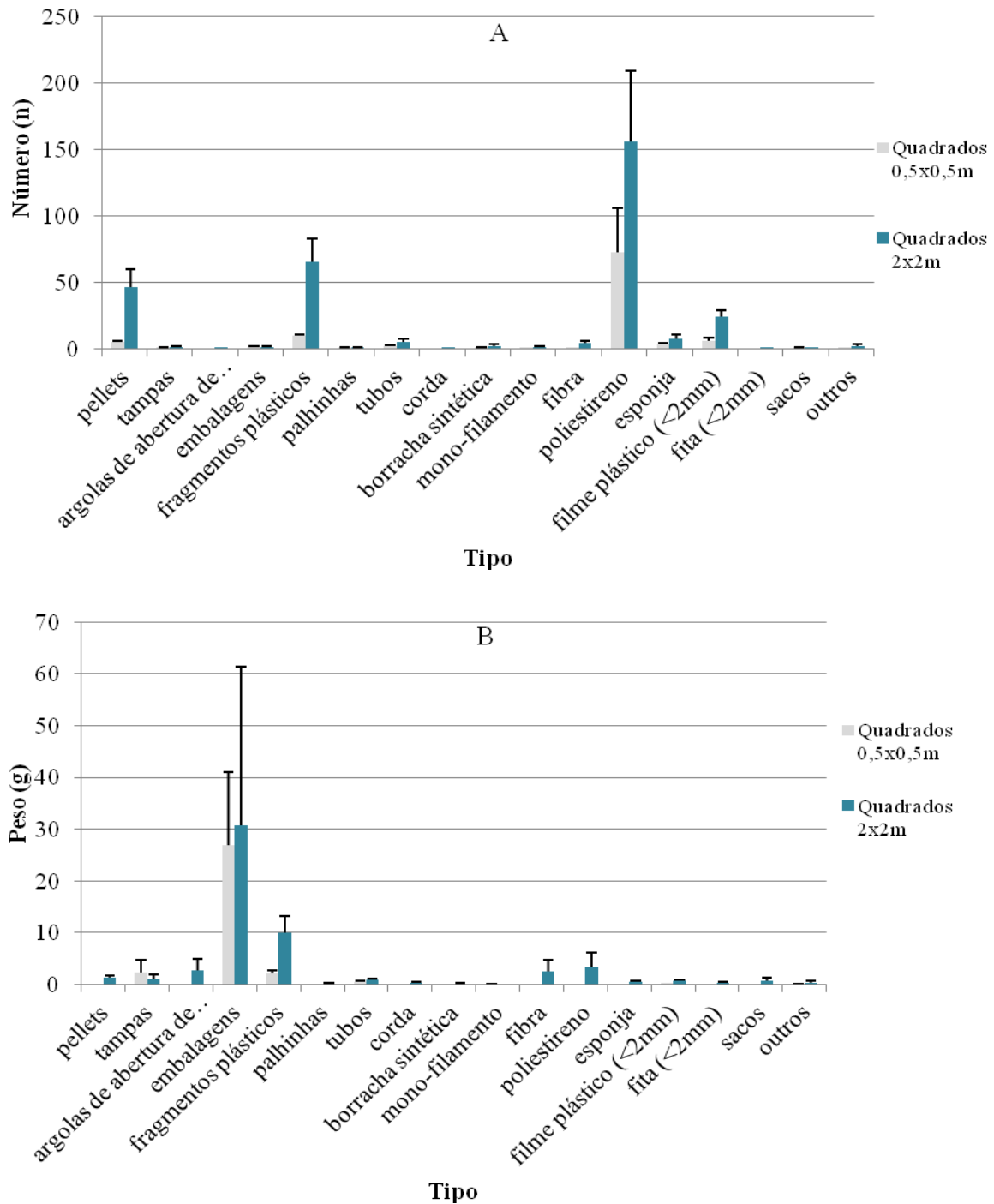


Figura 3.6 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plástico na praia da Agudela; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($4,7 \pm 1,3$ unidades, $n=154$), fragmentos plásticos ($9,7 \pm 1,2$ unidades, $n=224$), poliestireno ($72,6 \pm 33,0$ unidades, $n=687$); quadrados 2x2 m: pellet ($46,7 \pm 13,0$ unidades, $n=140$), fragmentos plásticos ($65 \pm 18,2$ unidades, $n=195$), poliestireno ($156,3 \pm 52,7$ unidades, $n=469$).

Relativamente à dimensão do plástico, registam-se disparidades entre a predominância em número das classes de menores dimensões, contra o peso das classes de maior dimensão (Figura 3.7a e 3.7b).

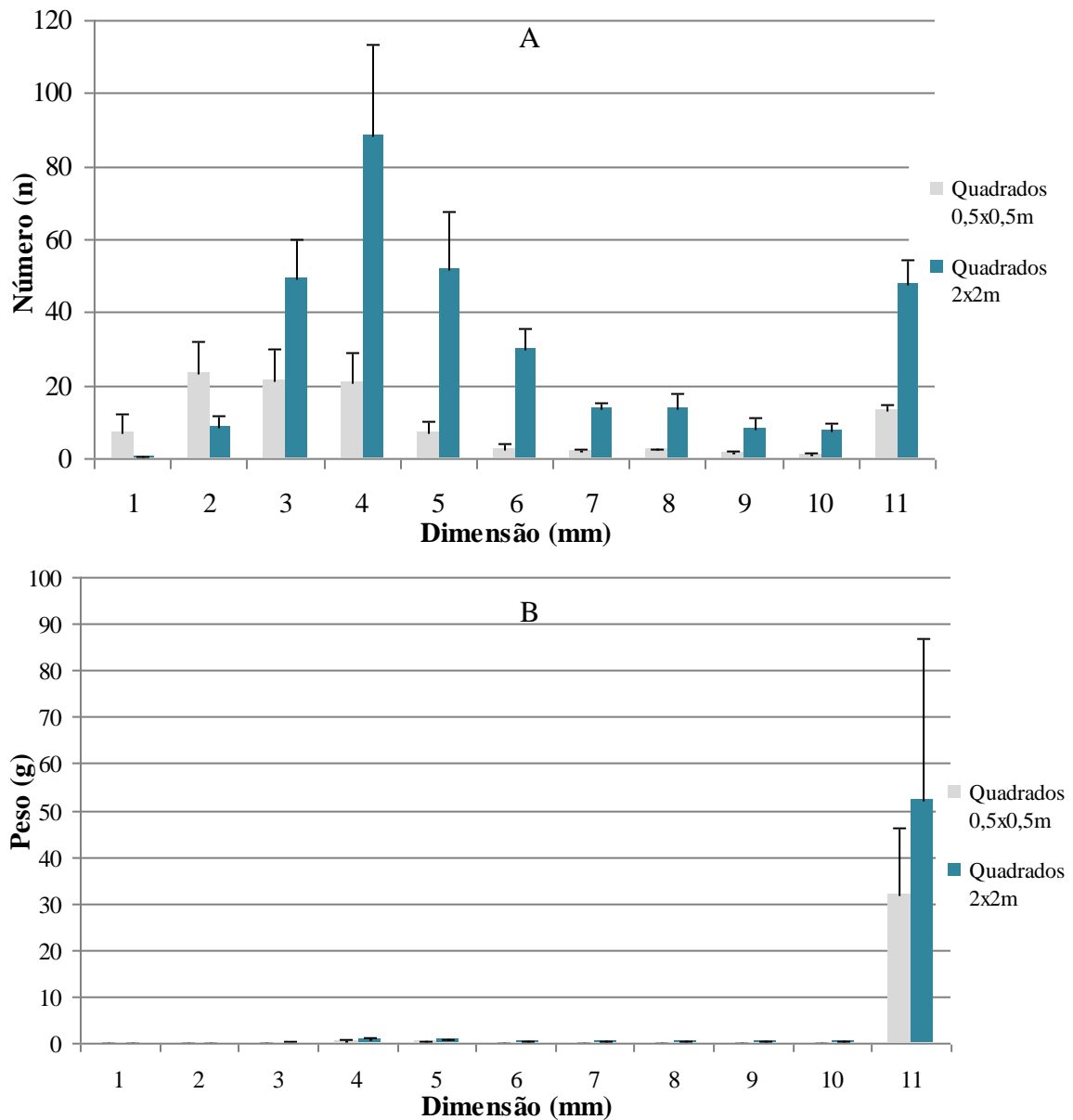


Figura 3.7 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia da Agudela; quadrados 0,5x0,5 m: 3 mm ($21,2 \pm 9,1$ unidades, $n=70$), 4 mm ($21,0 \pm 7,8$ unidades, $n=62$), 11 mm ($13,0 \pm 2,0$ unidades, $n=39$); quadrados 2x2 m: 3 mm ($49,2 \pm 10,8$ unidades, $n=133$), 4 mm ($88,3 \pm 25,2$ unidades, $n=197$), 11mm ($45,7 \pm 6,6$ unidades, $n=143$).

Verificou-se nas abundâncias por dimensão de todas as praias que os plásticos em quadrados 2x2 m são mais numerosos, exceptuando as classes não recolhidas pelo crivo de 1 e 2 mm de diâmetro.

Cova de Alfarroba

Nesta praia as classes predominantes em número são por ordem decrescente: *pellet*, fragmentos plásticos, poliestireno e filmes plásticos, contra a preponderância dos fragmentos plásticos e dos *pellet* no que concerne o peso das classes (Figuras 3.8a e 3.8b).

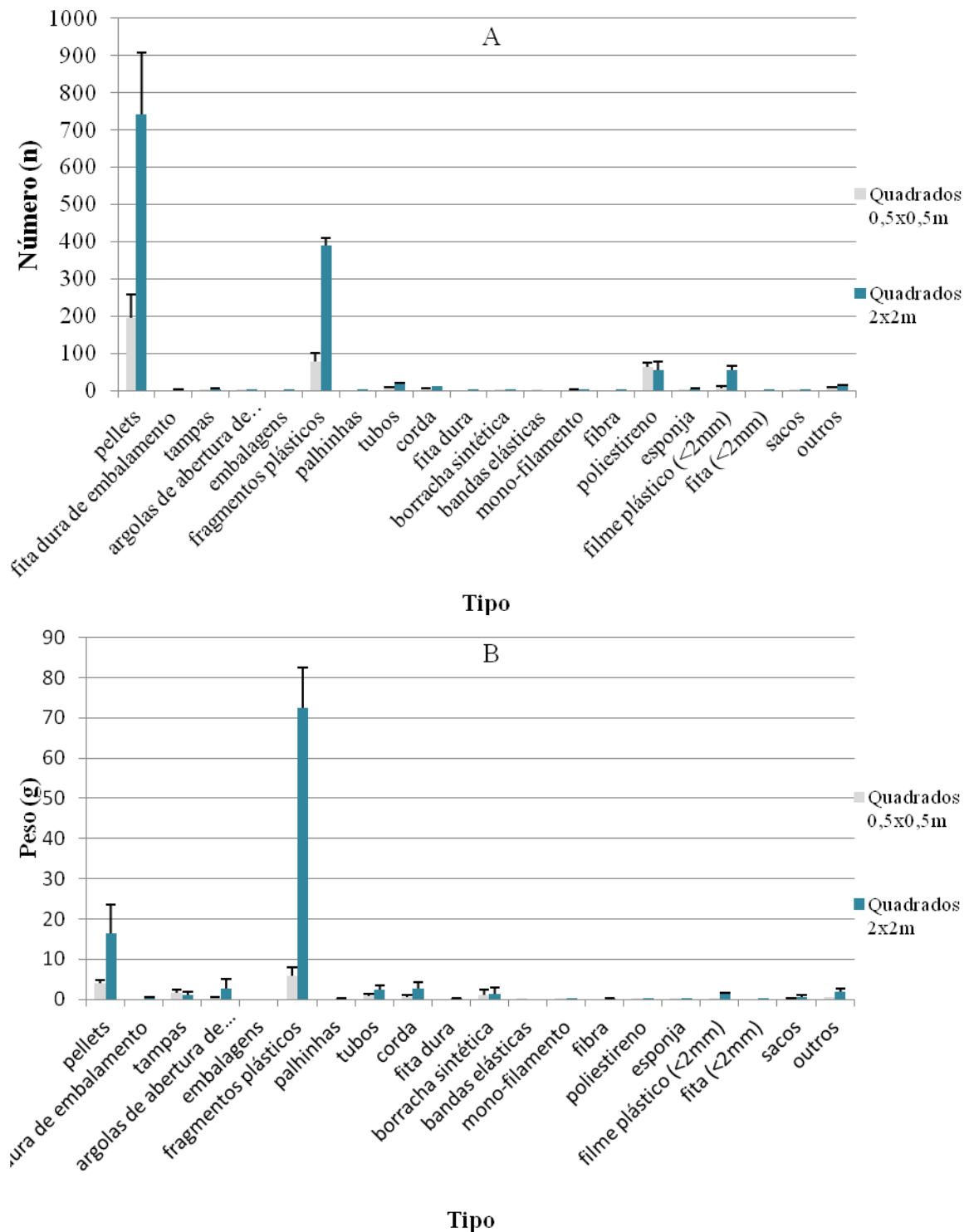


Figura 3.8 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plásticos na praia Cova de Alfarroba; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($195 \pm 62, n=585$), fragmentos plásticos ($78,3 \pm 20,9, n=235$); quadrados 2x2 m: pellet ($742,3 \pm 164,8$), fragmentos plásticos ($390,3 \pm 19,7, n=1171$).

No que diz respeito à dimensão pelo número de itens as classes mais representadas são as de 4, 5 e >11 mm, enquanto que esta última classe é a mais representativa relativamente ao peso (Figura 3.9a e 3.9b).

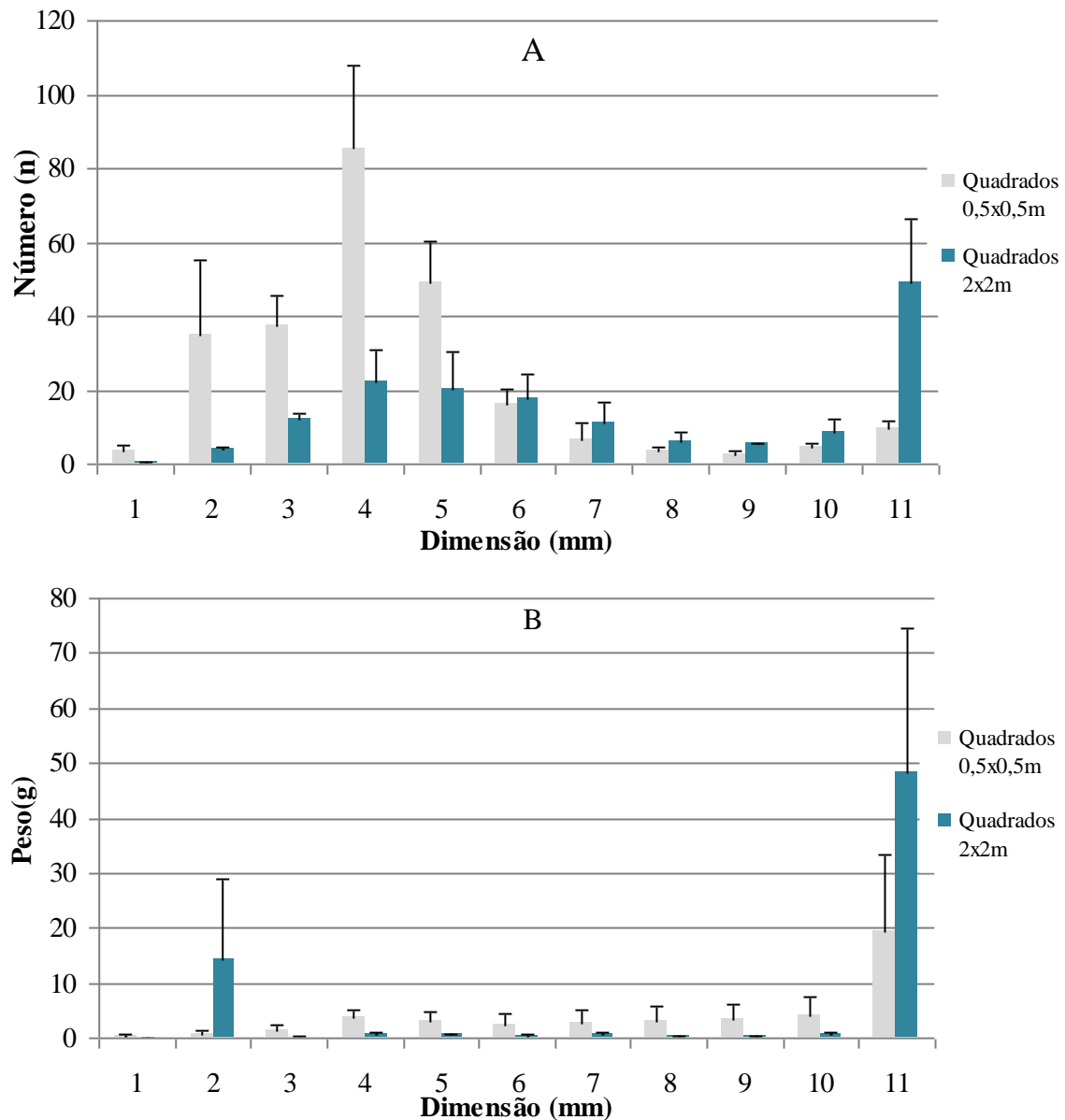


Figura 3.9 - a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos a praia Cova de Alfarroba; quadrados 0,5x0,5 m: 4 mm ($114,1 \pm 26,2$ unidades, $n=128$); 5 mm ($64,3 \pm 10,2$ unidades, $n=63$); 11 mm ($144,3 \pm 13,9$ unidades, $n=58$) quadrados 2x2 m: 4 mm ($467,5 \pm 85,2$ unidades, $n=327$); 5 mm ($334,3 \pm 68,0$ unidades, $n=351$); 11 mm ($724,3 \pm 157,3$ unidades, $n=260$)

Cresmina

Nesta praia verificam-se as maiores abundâncias de *pellet*, poliestireno e fragmentos plásticos, contra o peso dominante da classe de fragmentos plásticos, outros e argolas de abertura de embalagens, tampas interiores e embalamento (Figuras 3.10a e 3.10b).

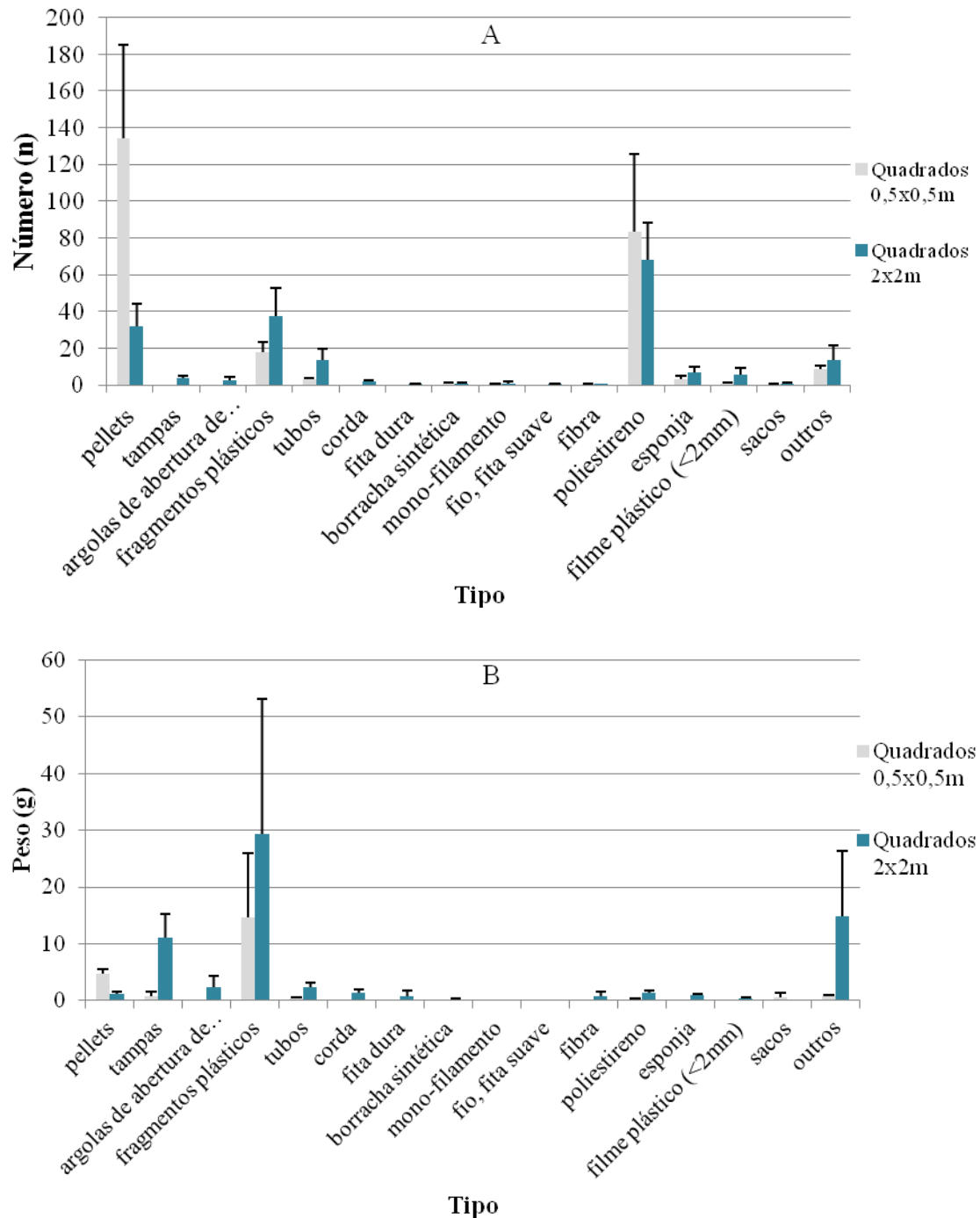


Figura 3.10 - a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plásticos na praia da Cresmina; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($134 \pm 51,2$ unidades, $n=402$), fragmentos plásticos ($17,7 \pm 5,8$ unidades, $n=113$), poliestireno ($83,3 \pm 42,4$ unidades, $n=250$); quadrados 2x2 m: pellet ($32 \pm 12,1$ unidades, $n=96$), fragmentos plásticos ($37,7 \pm 15,0$ unidades, $n=113$), poliestireno ($68,0 \pm 20,3$ unidades, $n=204$).

O maior número de itens observa-se na classe 4, 5 e >11 mm e o maior peso na classe >11 mm, como se registou também na praia COV (Figuras 3.11a e 3.11b).

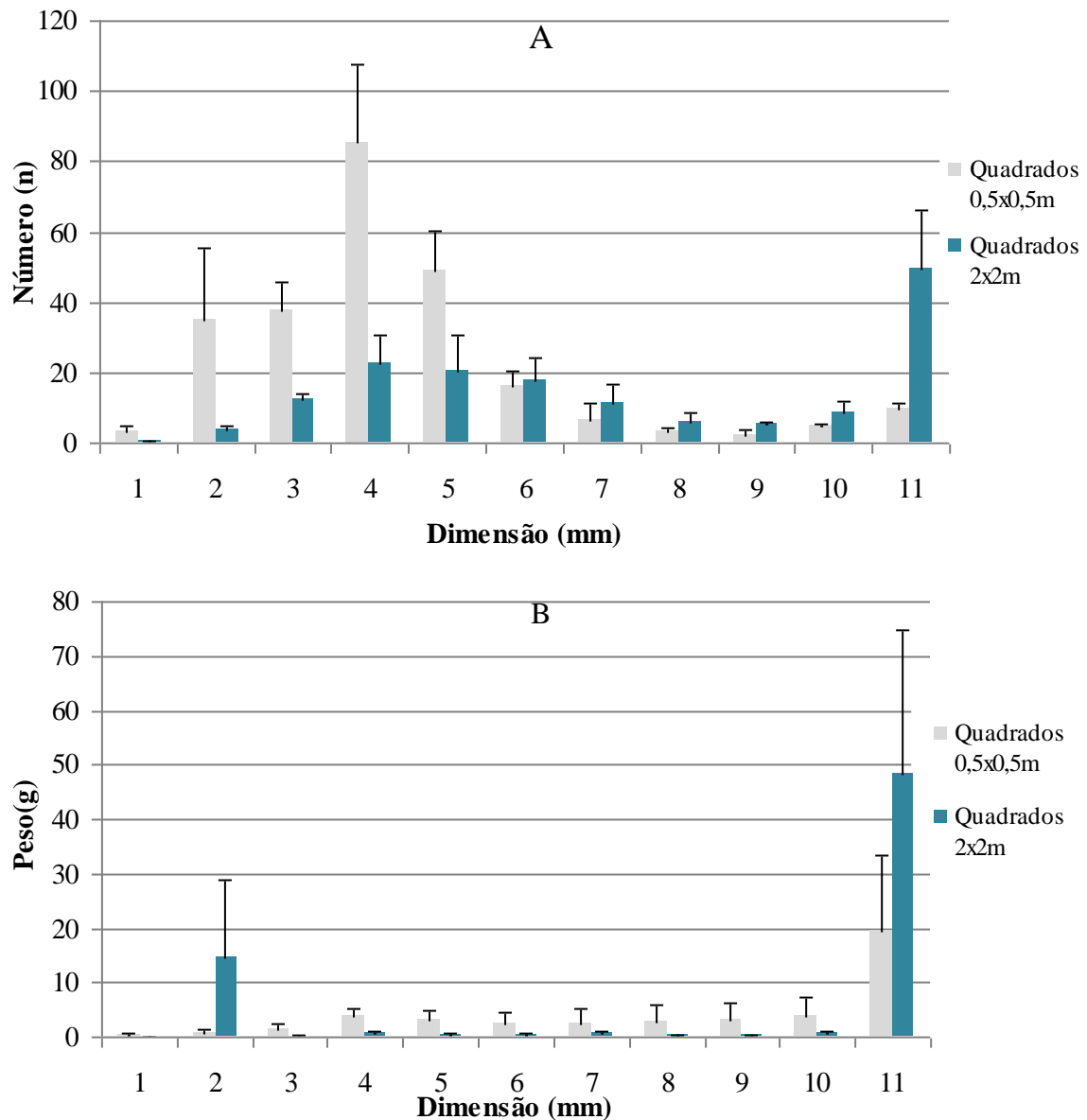


Figura 3.11 - a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia da Cresmina; quadrados 0,5x0,5 m: 4 mm ($85,7 \pm 22,2$ unidades, $n=58$), 5 mm ($48,9 \pm 11,3$ unidades, $n=26$), 11 mm ($9,7 \pm 1,9$ unidades, $n=29$); quadrados 2x2 m: 4 mm ($22,4 \pm 8,3$ unidades, $n=67$), 5 mm ($20,3 \pm 10,3$ unidades, $n=60$), 11 mm ($49,3 \pm 16,9$ unidades, $n=148$);

Fonte da Telha

As maiores abundâncias voltam a verificar-se nas classes do poliestireno, *pellet* e fragmentos plásticos (Figura 3.12a), enquanto que os mais pesados são os fragmentos plásticos, corda e embalagens (Figura 3.12b).

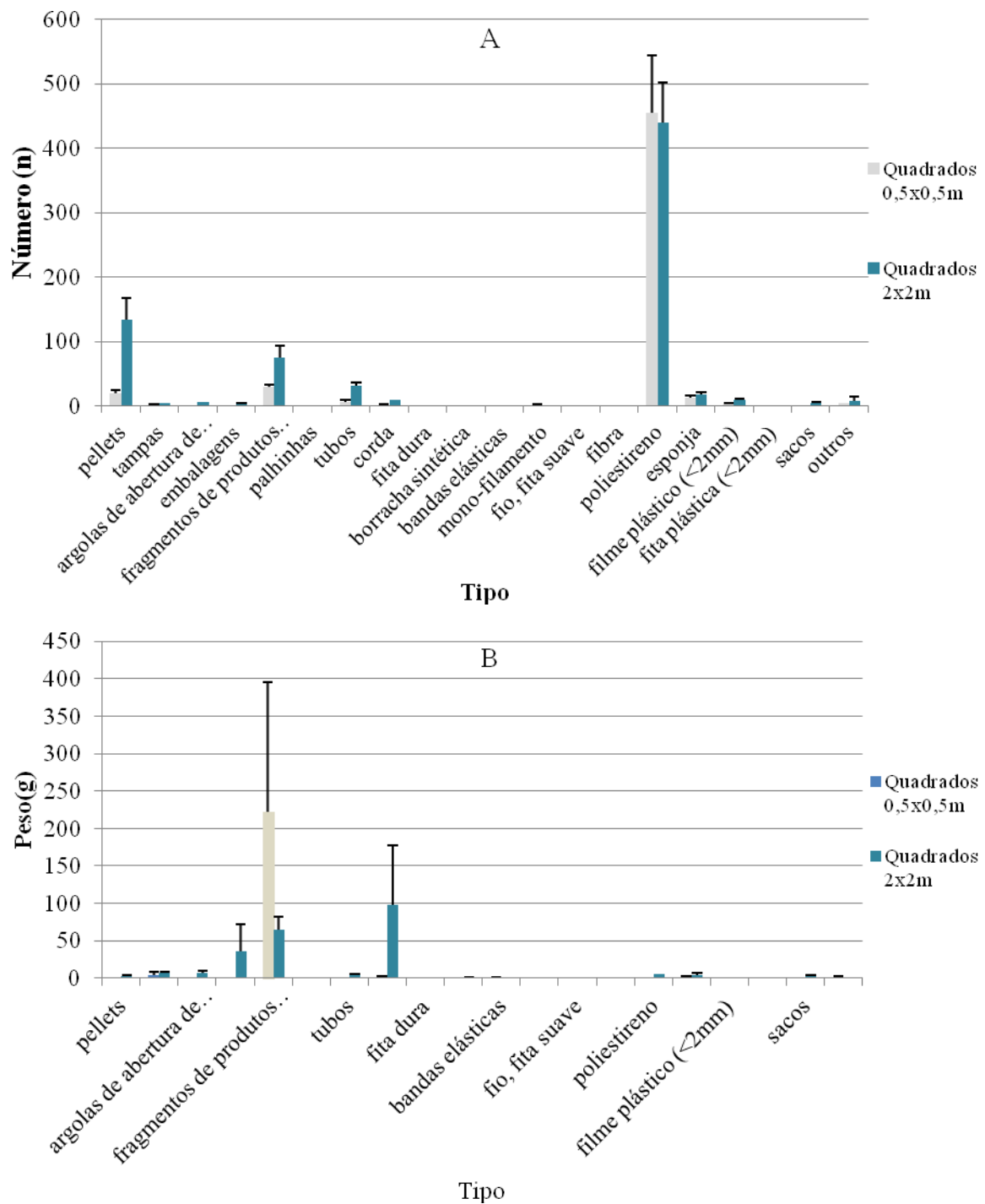


Figura 3.12 - a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipos de plásticos na praia Fonte da Telha; quadrados 0,5x0,5 m: pellet ($19,3 \pm 4,9$ unidades, $n=58$), fragmentos plásticos ($29,7 \pm 2,9$ unidades, $n=89$), poliestireno ($454,3 \pm 89,7$ unidades, $n=1363$); quadrados 2x2 m: pellet ($134 \pm 32,7$ unidades, $n=402$), fragmentos plásticos ($74,3 \pm 19,5$ unidades, $n=223$), poliestireno ($440,3 \pm 61,2$ unidades, $n=1321$).

Relativamente às classes de dimensão, verifica-se como na praia da Agudela, a preponderância dos plásticos de menores dimensões, classes 3 e 4 mm, com bastante representatividade também na classe > 11 mm. A classe mais pesada é destacadamente a de 11 mm (Figuras 3.13a e 3.13b).

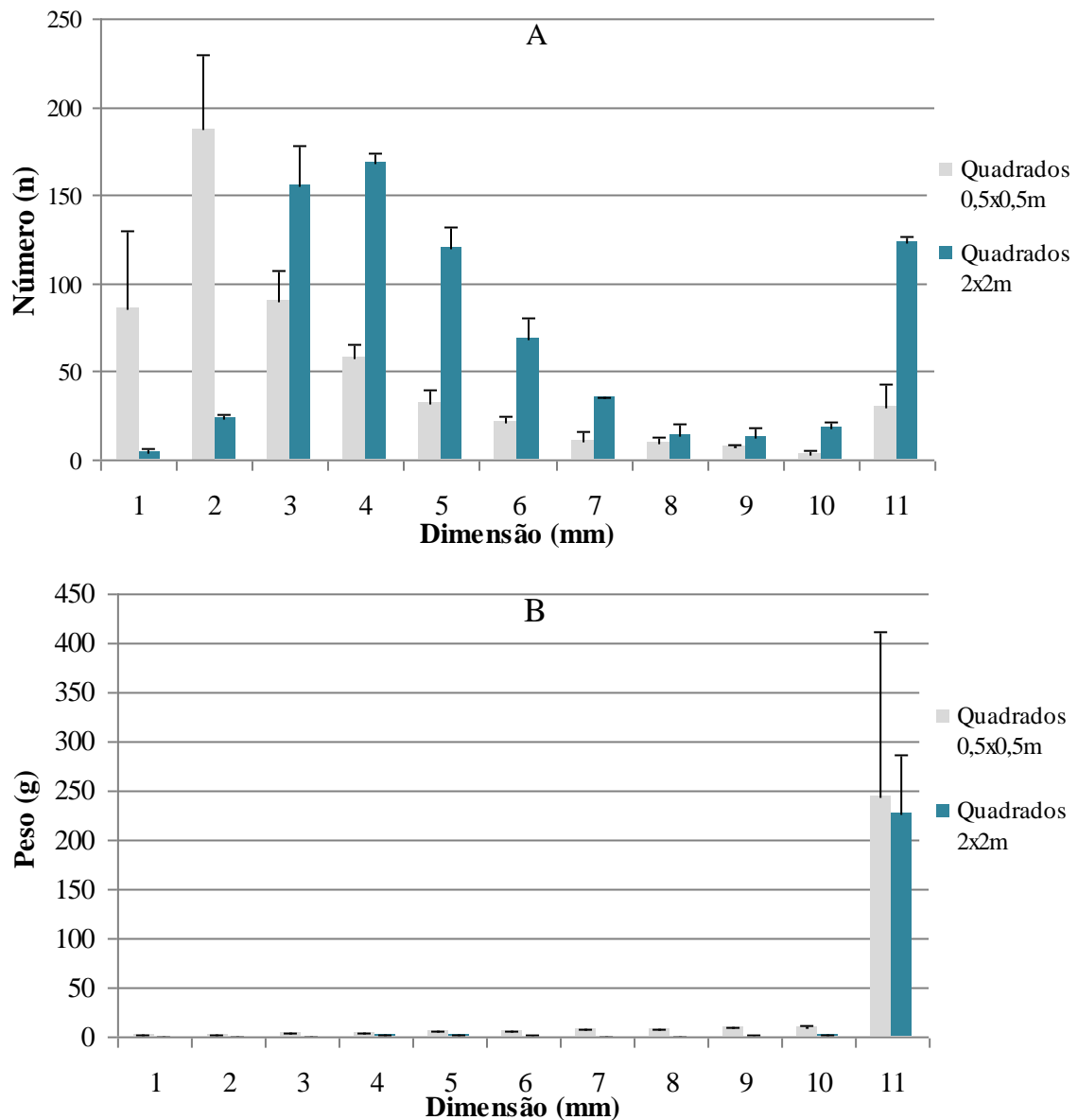


Figura 3.13 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia Fonte da Telha; quadrados 0,5x0,5 m: 3 mm ($90,6 \pm 16,3$ unidades, $n=267$), 4 mm ($57,9 \pm 8,0$ unidades, $n=152$), 11 mm ($30,0 \pm 12,5$ unidades, $n=90$); quadrados 2x2 m: 3 mm ($155,5 \pm 38,4$ unidades, $n=426$), 4 mm ($168,0 \pm 5,6$ unidades, $n=317$), 11 mm ($126,0 \pm 31,8$ unidades, $n=369$).

Bordeira

Nesta última praia, em comparação com as 4 praias apresentadas, os *pellet* estão sub-representados com apenas um *pellet*. As classes com maior número de itens são de poliestireno, esponja e fragmentos plásticos, e as mais pesadas tubos, embalagens e fibras.

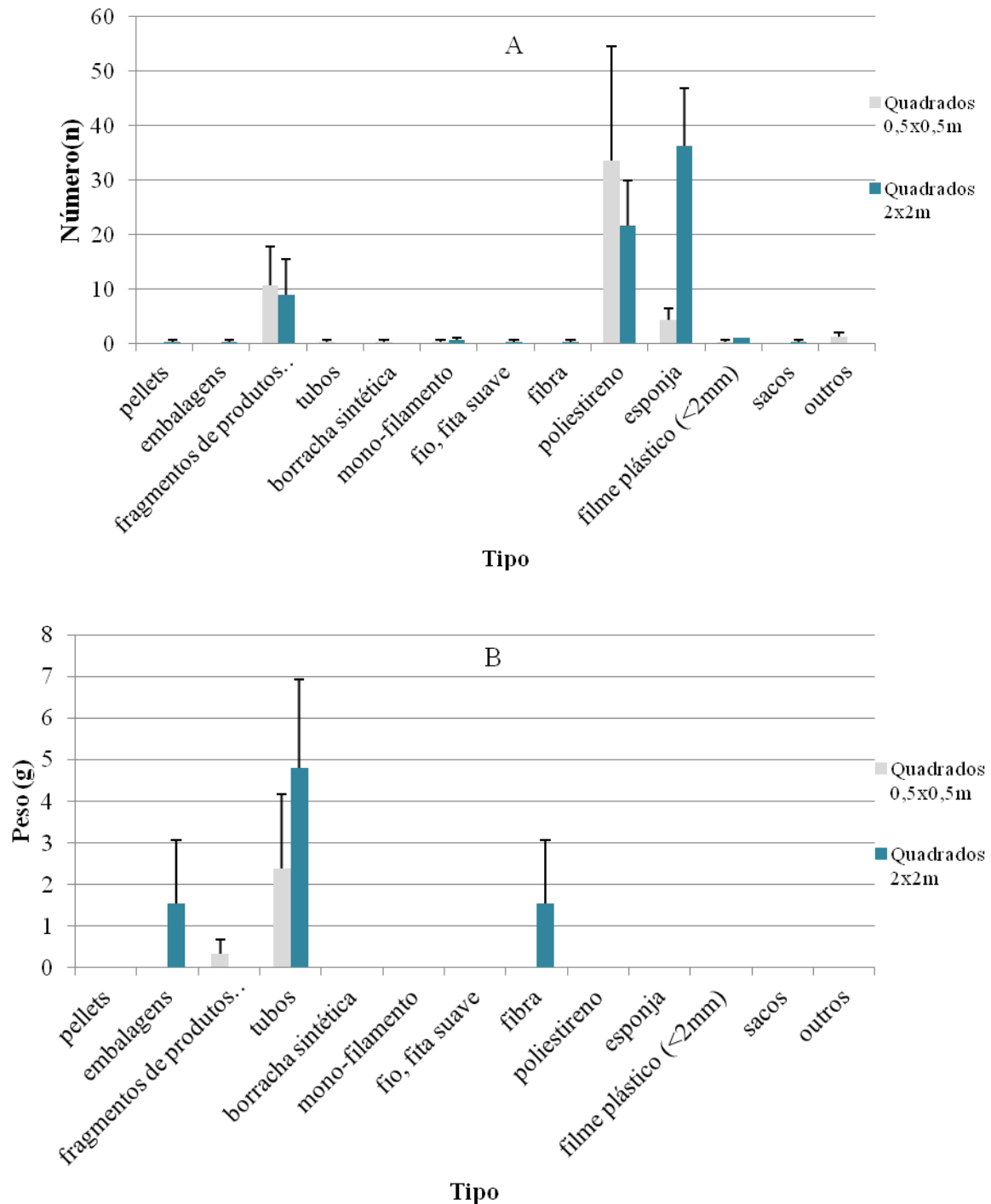


Figura 3.14 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por tipo de plásticos na praia Bordeira; quadrados 0,5x0,5 m: fragmentos plásticos (10,7±7,2unidades,n=32), poliestireno (33,7±30,9unidades,n=101), esponja (4,3±2,2unidades,n=13); quadrados 2x2 m: fragmentos plásticos (9±6,5unidades,n=27), poliestireno (21,7±8,2unidades,n=65), esponja (36,3±10,5unidades,n=109).

Regista-se a mesma tendência das praias anteriores com maiores abundâncias nas classes de menor dimensão – 3 e 4 mm e também na classe >11 mm, e predominância de peso na classe >11 mm.

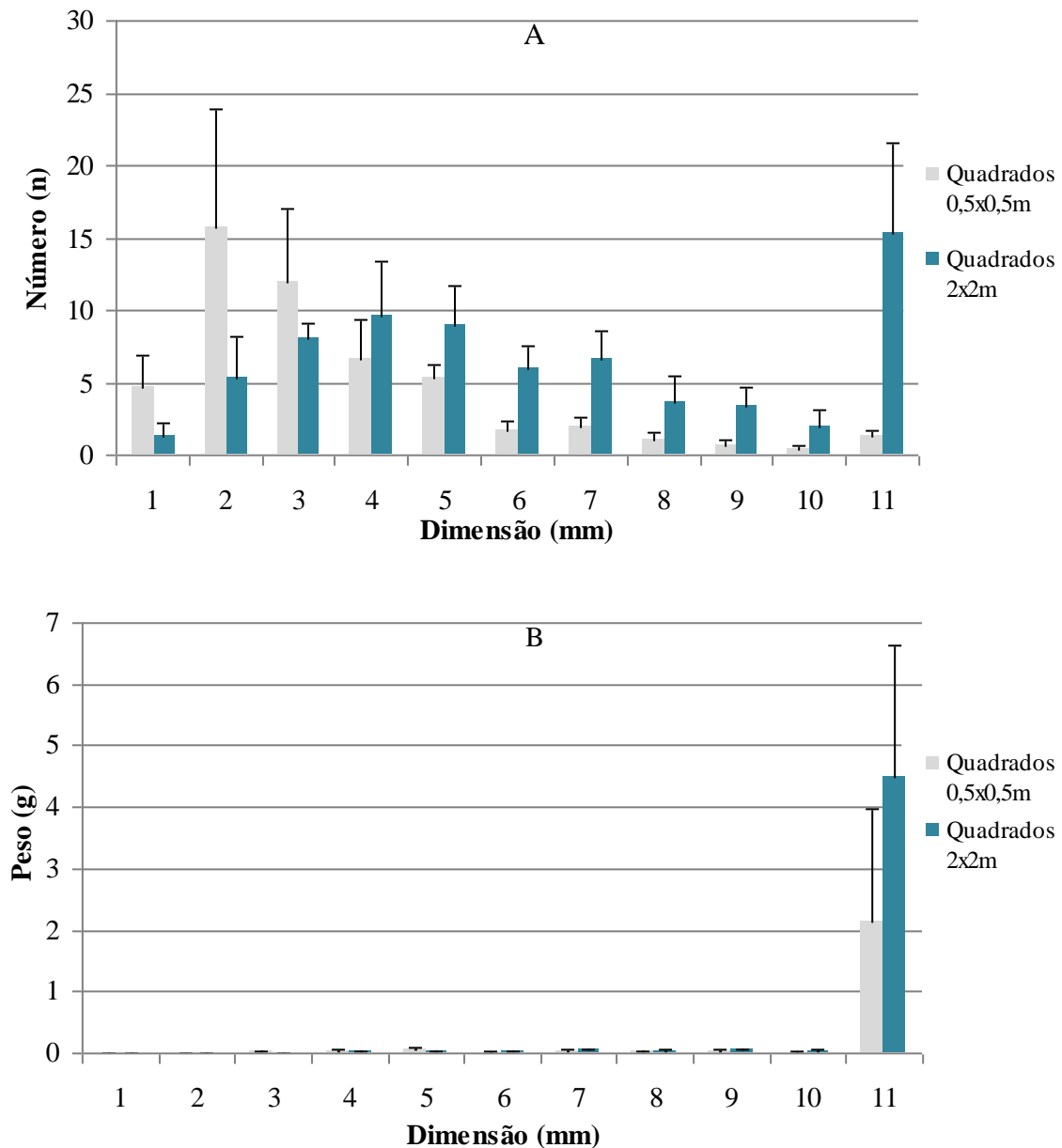


Figura 3.15 – a) número de itens (n) e b) peso (g) por dimensão de plásticos na praia da Bordeira; quadrados 0,5x0,5 m: 3 mm ($12 \pm 5,0$ unidades, $n=36$), 4 mm ($6,7 \pm 2,7$ unidades, $n=20$), 11 mm ($1,3 \pm 0,3$ unidades, $n=4$); quadrados 2x2 m: 3 mm ($8 \pm 1,2$ unidades, $n=24$), 4 mm ($9,7 \pm 3,8$ unidades, $n=29$), 11 mm ($15,3 \pm 6,2$ unidades, $n=46$).

3.1.2 Análise Estatística - ANOVA a um factor

Para testar se as diferentes amostras entre praias apresentam diferentes acumulações dos três tipos de plásticos mais abundantes, foi aplicada uma análise de variância a um factor recorrendo ao programa *Statistica 7.0*[®].

Definiram-se as seguintes hipóteses:

H0: “As médias (abundância) dos principais tipos de plásticos são iguais entre praias”

H1: “As médias (abundância) dos principais tipos de plásticos são diferentes entre praias”

Para aplicar a ANOVA é necessário avaliar a normalidade da distribuição da população e a homogeneidade das variâncias. Para preencher estes requisitos, aplicaram-se transformações logarítmicas neperianas às classes de fragmentos plásticos e poliestireno, uma vez que geralmente normalizam os dados (Festing 2001) e quadrática à classe de *pellet*, não sendo possível aplicar nenhuma transformação logarítmica a esta classe dado uma das médias (média da praia AGU) tomar valor 0. Assim, não foi possível normalizar esta classe. Contudo, como referido por Festing, s.d, a ANOVA é muito robusta e apresenta bons resultados mesmo sem verificação destas condições.

Para analisar os resultados da ANOVA foi necessário identificar o valor de $F_{\text{crítico}}$ numa tabela de ANOVA, isto é, o rácio da variância entre praias e variância dentro de cada praia, valor tabelado para determinados graus de liberdade do numerador ($df_b=k-1$) e do denominador ($df_w=N-k$). Neste caso são testadas 5 praias, num total de 30 amostras, sendo $k=5$ e $N=30$, tal que $F_{\text{crítico}}$ é igual a 2,78.

Os valores de F resultantes da ANOVA são apresentados na Tabela 3.3. Caso estes sejam superiores aos valores de $F_{\text{crítico}}$, esse facto indicará que a hipótese 0 deve ser rejeitada, pelo que as diferenças nas médias das praias são significativamente diferentes.

Tabela 3.3 – Resultados da ANOVA a um factor ($p<0,05$): A,B) *Pellet*, C,D) Fragmentos Plásticos, E,F) Poliestireno; Conjuntos A,C,E e B,D,F – Quadrados 0,5x0,5 m e 2x2 m, respectivamente.

Tipos de Plásticos / Quadrado	Graus de Liberdade	Quadrados Total	Média	$F_{\text{observado}}$	$F_{\text{crítico}}$
A	14	10860741603	1,249E+09	F=2	F=2,78
B	14	1,28813E+12	2,158E+11	F=5	F=2,78
C	14	15		3 F=7	F=2,78
D	14	35		7 F=12	F=2,78
E	14	17		3 F=8	F=2,78
F	14	20		4 F=12	F=2,78

Foram encontradas diferenças significativas (nível de significância $p<0,05$ e $F_{\text{crítico}}$ 2,78) nas médias das amostras entre todas as praias ($F_{\text{observado}} > F_{\text{crítico}}$), excepto para os *pellet* em quadrados 0,5x0,5 m (Anexo 7 Tabela A.7.1 – Tabela A.7.6).

Para visualmente verificar a variabilidade dos valores de abundância das principais classes de de plásticos nas 5 praias apresenta-se a Figura 3.16. Desta forma, percepção-se melhor as diferenças de acumulação de plásticos em cada praia e entre praias, comprovadas pela aplicação da análise estatística, excepto para os *pellet* em quadrados 0,5x0,5 m.

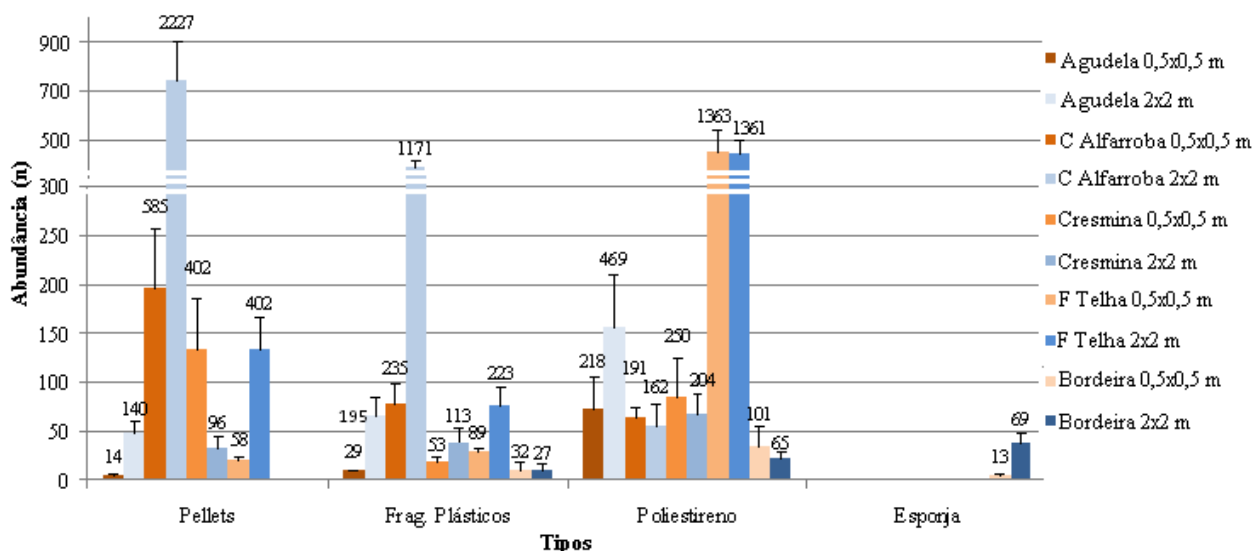


Figura 3.16 - Análise de variância a uma entrada entre os principais tipos de plásticos entre as 5 praias, para quadrados 0,5x0,5 m e 2x2 m.

3.2 Espectroscopia de infra-vermelhos por Transformada de Fourier

Relativamente aos plásticos retidos em filtros, observados no microscópio e transferidos para lâminas côncavas, detectou-se uma abundância total de cerca de 229 itens, cobrindo a praia da Fonte da Telha, cerca de 59 % do total. Em microplásticos destas dimensões existe alguma probabilidade de identificar-se erroneamente um item como sendo plástico, como se irá confirmar na análise que se segue com recurso ao micro-FTIR.

Identificaram-se então os seguintes microplásticos (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Microplásticos identificados por observação no microscópio e categorizados visualmente.

		MICROPLÁSTICOS					total
PRAIAS		fragmentos plásticos	filamentos	poliestireno	esponjas	fibras	
	AGU	5	11	3	-	-	19
	COV	3	43	-	4	-	52
	CRE	3	2	-	-	1	6
	FON	151	-	-	-	-	151
	BOR	1	-	-	-	-	1

Destes apresenta-se de seguida imagens de algumas das partículas identificadas no microscópio (Figura 3.17) e no micro-ftir (Figura 3.18).

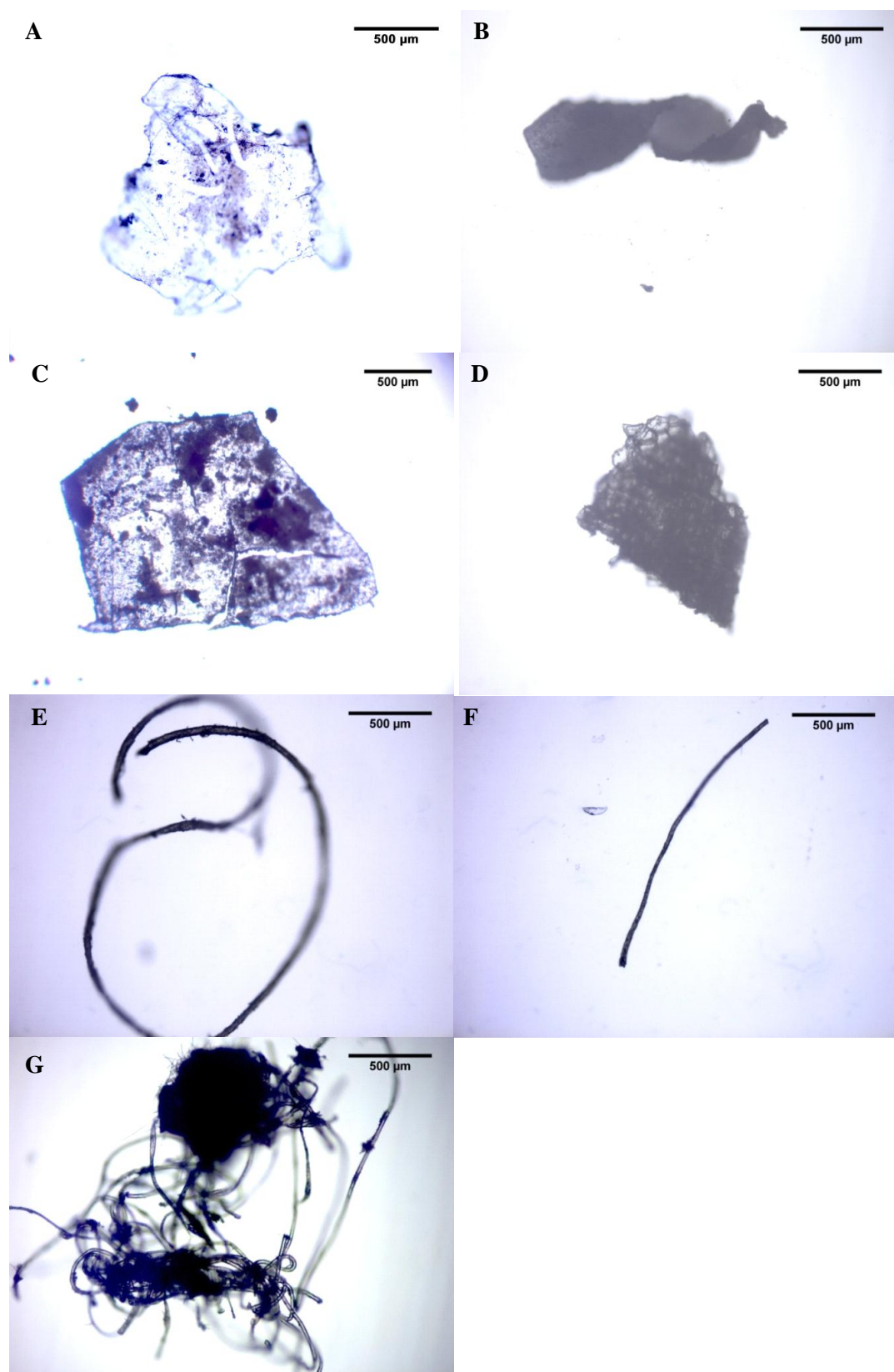


Figura 3.17 - Uma pequena amostra do que foi observado no microscópio e identificado como A, B,C) borracha (4.19); D) esponja (7.26); E, F, G) mono-filamentos (5.21).

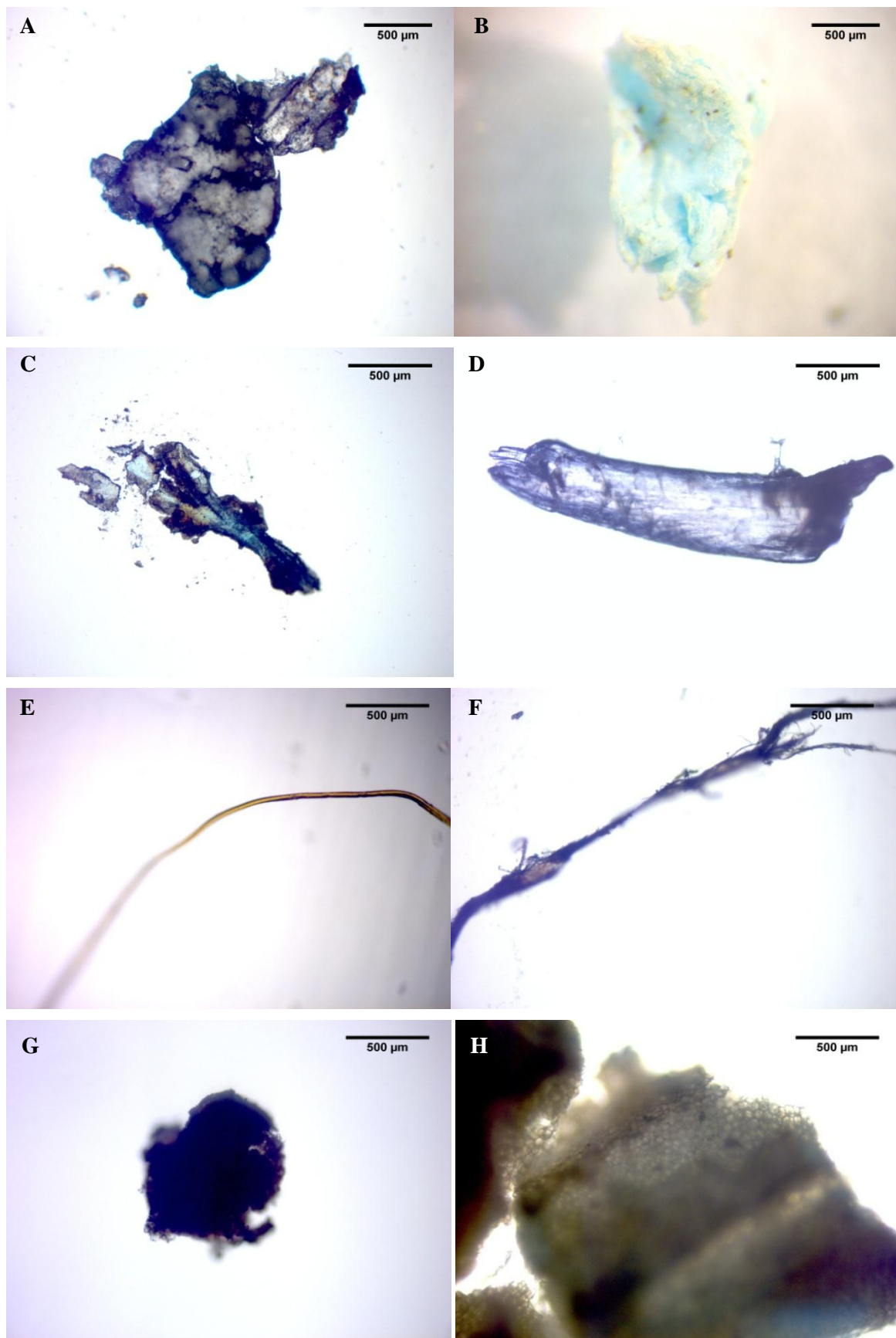


Figura 3.18 - Amostras analisadas no micro-FTIR para identificação: material plástico – A) 9.31FT1, B) 6.24FT2, C) 3.10FT1, D) 3.10FT3, E) 5.21FT1, F) 5.23FT1, G) material não plástico 7.26P3, H) 3.10FT2.

No conjunto das 8 amostras analisadas no micro-FTIR, apenas 6 correspondem a polímeros plásticos (Figura 3.18). A referência associada a estes plásticos está identificada com um número de identificação da categoria sugerida visualmente (Tabela 3.5), seguido das iniciais do nome da praia onde foram recolhidos.

Os resultados associados à identificação no micro-FTIR são apresentados na Tabela 3.5 e os espectros determinados para as amostras, seguidos dos espectros padrão mais semelhantes constantes da base de dados do programa (padrão de referência), encontram-se no Anexo 9.

Tabela 3.5 - Identificação das amostras com recurso à micro-FTIR (pela mesma ordem da Figura 3.18), com o código e categoria de cada amostra e o padrão de referência, com a respectiva probabilidade.

Amostra	Categoria (análise visual)	Padrão de referência (Thermo Nicolet® OMNIC FTIR)	Probabilidade
9.31FT1	Outros/resina	polyethylene film	92,10 %
6.24FT2	Esferovite	poly(styrene)	95,48 %
3.10FT1	Fragmentos plásticos	poly(styrene)	95,66 %
3.10FT3	Fragmentos plásticos	Berkley and co. Berkley polyethyl	86,41 %
5.21FT1	Mono-Filamento	polyester	93,56 %
5.23FT1B	Fibra	cortaulds coloray (fiber) disperse ayd-6	85,21 %
7.26P3	Esponja	(aditivo/surfatante)	67,75 %
3.10FT2	Fragmento plástico	chymotrypsin (proteína)	88,39 %

Determinaram-se resíduos plásticos com intervalos de dimensão entre os ~50 um (Figura 3.18e) e os 20 cm de diâmetro (embalagem - amostra A1 - classe 11 mm da praia da Agudela – Figura A.6.1 no Anexo 6).

3.3 Poluentes orgânicos persistentes em *pellet*

Do total de amostras separadas para análise de POP, algumas foram descartadas por insuficiência de tamanho/peso – *pellet* envelhecidos e coloridos da praia da Agudela, *pellet* coloridos das praias da Cresmina e Fonte da Telha e todas as amostras da praia da Bordeira.

As concentrações determinadas para cada POP, nas classes de PAH, PCB e DDT, apresentam-se na Tabela 3.6, para cada amostra de *pellet* brancos (b), envelhecidos (e) e coloridos (c).

Tabela 3.6 - Concentrações totais (ng.g⁻¹) de PCB (tPCB), PAH (tPAH) e DDT (tDDT) e peso (g) nas 8 amostras de *pellet* brancos (b), envelhecidos (e) e coloridos (c).

Praia	Amostra	Peso (g)	tPCB (ng.g ⁻¹)	tPAH (ng.g ⁻¹)	tDDT (ng.g ⁻¹)
Agudela	AGUb	2,9	35,9	63,1	11,1
Cova de Alfarroba	COVb	25,34	7,0	40,6	1,2
	COVe	20,13	5,6	109,8	2,3
	COVc	1,23	11,5	90,3	6,6
Cresmina	CREb	6,63	13,7	44,7	4,1
	CREe	3,73	50,2	67,6	21,3
Fonte da Telha	FONb	6,65	35,1	63,1	14,01
	FONe	3,47	105,2	477,8	85,87

Aos distintos pesos de cada amostra, correspondem quantidades de *pellet* diferentes, desde 113 *pellet* para a amostra AGUb com 2,9 g e 1234 *pellet* para a amostra COVb com 25,34 g, o que condicionará a representatividade das amostras relativamente às praias correspondentes e o resultado da análise.

Verifica-se nas três praias que as concentrações de POP são comparativamente maiores nos *pellet* envelhecidos (excepto para praia COV – análise de PCB).

Considerando todas as praias, as concentrações máximas totais registaram-se nos *pellet* envelhecidos da praia da Fonte da Telha e as concentrações menores nos *pellet* brancos da praia Cova de Alfarroba, em ambos casos para os três POP. Para todos os compostos analisados chega-se a obter diferenças entre praias superiores a uma ordem de grandeza. Os resultados detalhados apresentam-se no Anexo 8. Também em anexo apresentam-se as amostras que obtiveram concentrações inferiores aos limites de detecção, consideradas com valores nulos para efeitos de cálculo.

Segue-se então a análise de POP nos *pellet* recolhidos.

- Bifenil Policlorados

As concentrações totais de PCB em cada amostra são variáveis, havendo diferenças entre concentrações totais máximas e mínimas de uma ordem de grandeza. Como já apontado prevê-se que em *pellet* envelhecidos se observem concentrações mais elevadas do que em *pellet* brancos de uma mesma praia, o que se comprova na figura abaixo, mas não para todas as amostras (Figura 3.19).

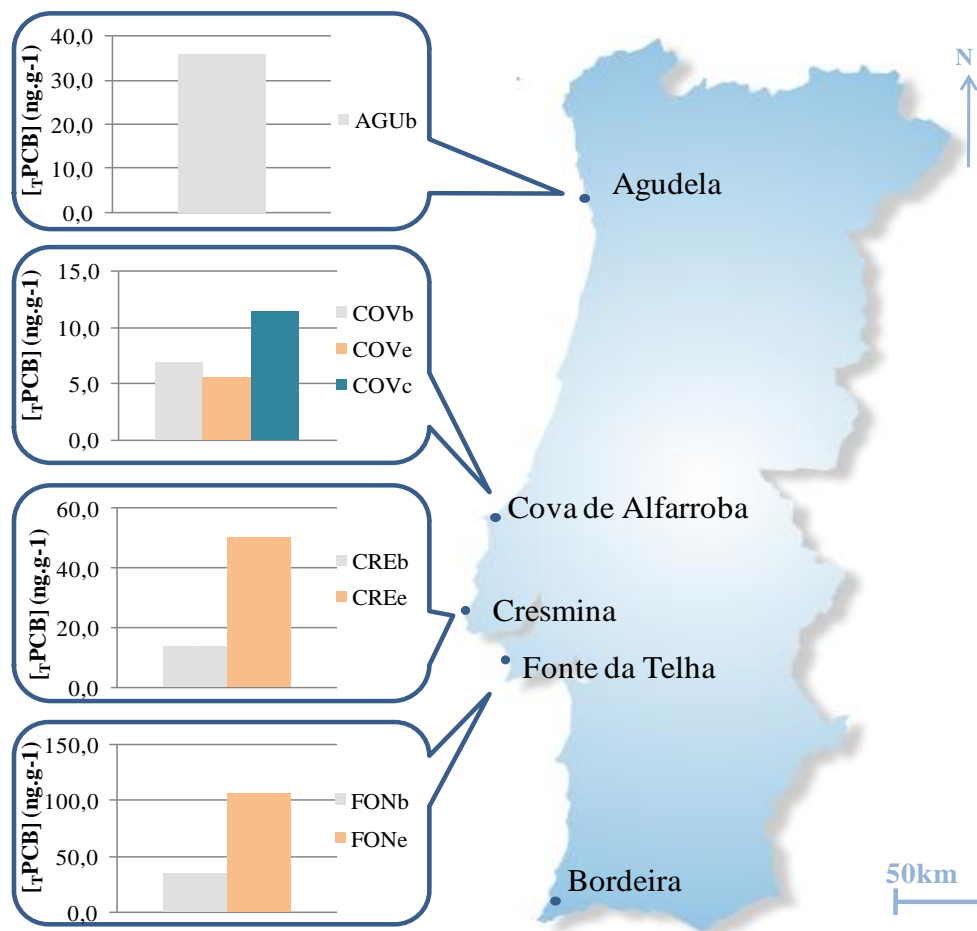


Figura 3.19 – Concentrações totais de PCB nas 8 amostras: AGUb – *pellet* brancos da praia da Agudela; COVb, COVe e COVc – *pellet* brancos, envelhecidos e coloridos na praia Cova de Alfarroba; CREb e CREe – *pellet* brancos e envelhecidos na praia da Cresmina; FONb e FONE – *pellet* brancos e envelhecidos na praia Fonte da Telha.

Em cerca de 75 % das análises da presença dos 18 congéneres de PCB foram detectadas concentrações superiores ao limite de detecção, podendo estes estarem presentes nas amostras remanescentes mas a concentrações inferiores a este limite (em todas as oito amostras de *pellet* alguns congéneres não apresentaram concentrações superiores ao limite de detecção) - ver Anexo 8.

Na praia da Agudela e Fonte da Telha verificam-se as maiores concentrações totais de PCB em *pellet* brancos e envelhecidos respectivamente.

Nas amostras da Praia da Cresmina também se verificam concentrações elevadas embora inferiores às das praias Agudela e Fonte ad Telha. Na praia Cova de Alfarroba foi onde se registaram as concentrações mais baixas. Nesta praia as concentrações em *pellet* coloridos são superiores às concentrações em *pellet* brancos e envelhecidos.

A concentração máxima de PCB verificada em *pellet* envelhecidos foi de 45,57 ng.g⁻¹ para o congénere 118, cerca de 7 vezes superior à concentração máxima observada em *pellet* brancos de 6,77 ng.g⁻¹ para o congénere 138, ambas na praia Fonte da Telha (Figura 3.20). Verifica-se que os *pellet* envelhecidos tendem a apresentar maiores concentrações do que os *pellet* brancos e coloridos.

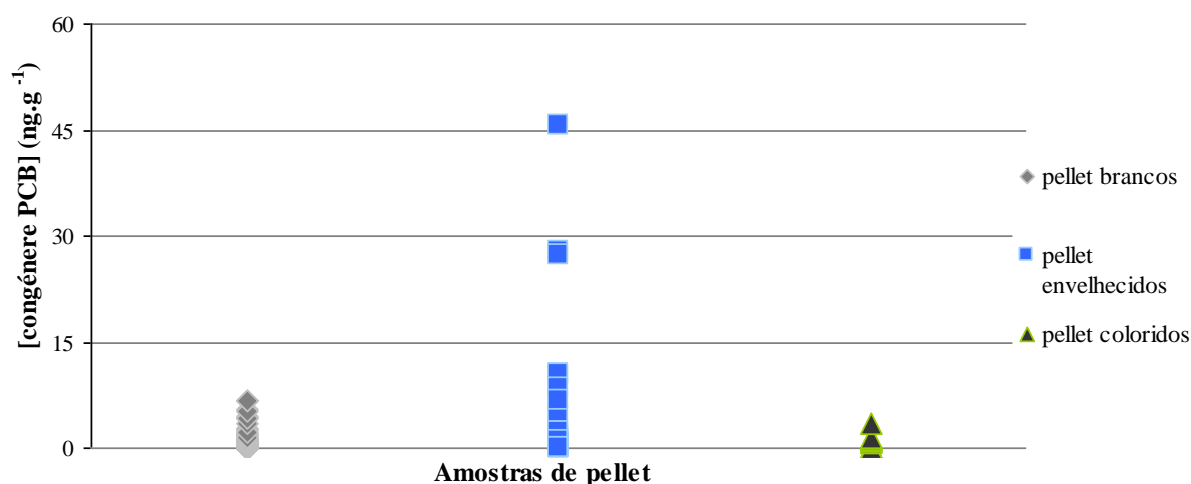


Figura 3.20 - Concentrações PCB por congénere para todas as amostras (cada ponto corresponde a um congénere numa amostra de *pellet*).

- **Dicloro-difenil-tricloroetanos**

As concentrações são superiores ao limite de detecção de 0,09 ng.g⁻¹, e apontam de igual modo ao verificado na análise de PCB, para maiores concentrações em *pellet* envelhecidos do que brancos (não havendo contudo diferenças superiores a uma ordem de grandeza), com excepção da forma DDE na praia Cova de Alfarroba (ver Anexo 8). Precisamente nesta praia os *pellet* coloridos apresentam maiores concentrações que os *pellet* envelhecidos. A concentração máxima verificada é de 74,36 ng.g⁻¹ para *pellet* amarelos pp' DDT na praia

Fonte da Telha , cerca de 7 vezes superior à máxima de $9,96 \text{ ng.g}^{-1}$ em *pellet* brancos pp' DDT na praia da Agudela, na mesma razão que a verificada para o PCB, cerca de 7 vezes (Figura 3.21). Confirma-se com esta figura valores ligeiramente superiores de PCB em *pellet* envelhecidos.

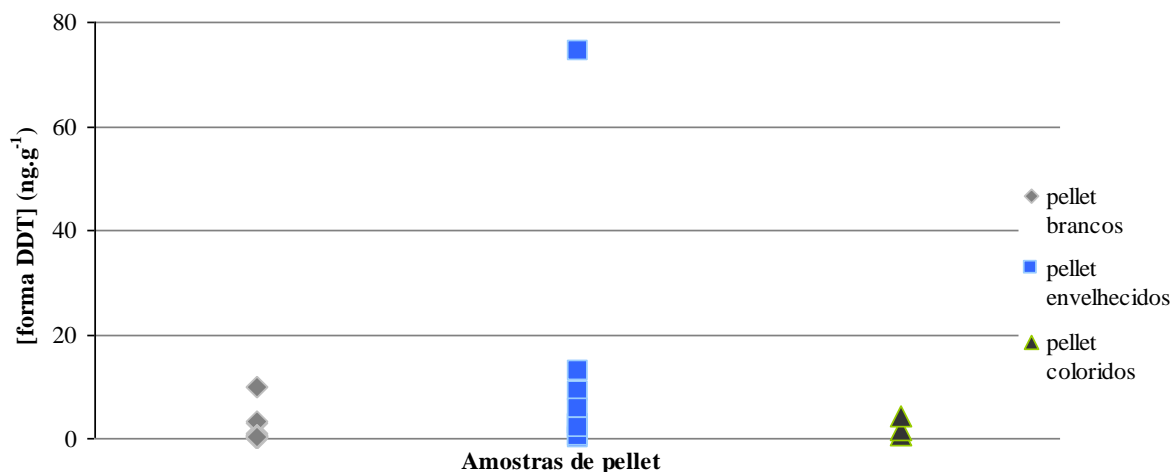


Figura 3.21 - Concentrações das formas de DDT (cada ponto corresponde a uma forma de DDT numa amostra de *pellet*).

As concentrações totais máximas obtidas registadas em *pellet* envelhecidos e *pellet* brancos verificaram-se na praia Fonte da Telha (Figura 3.22).

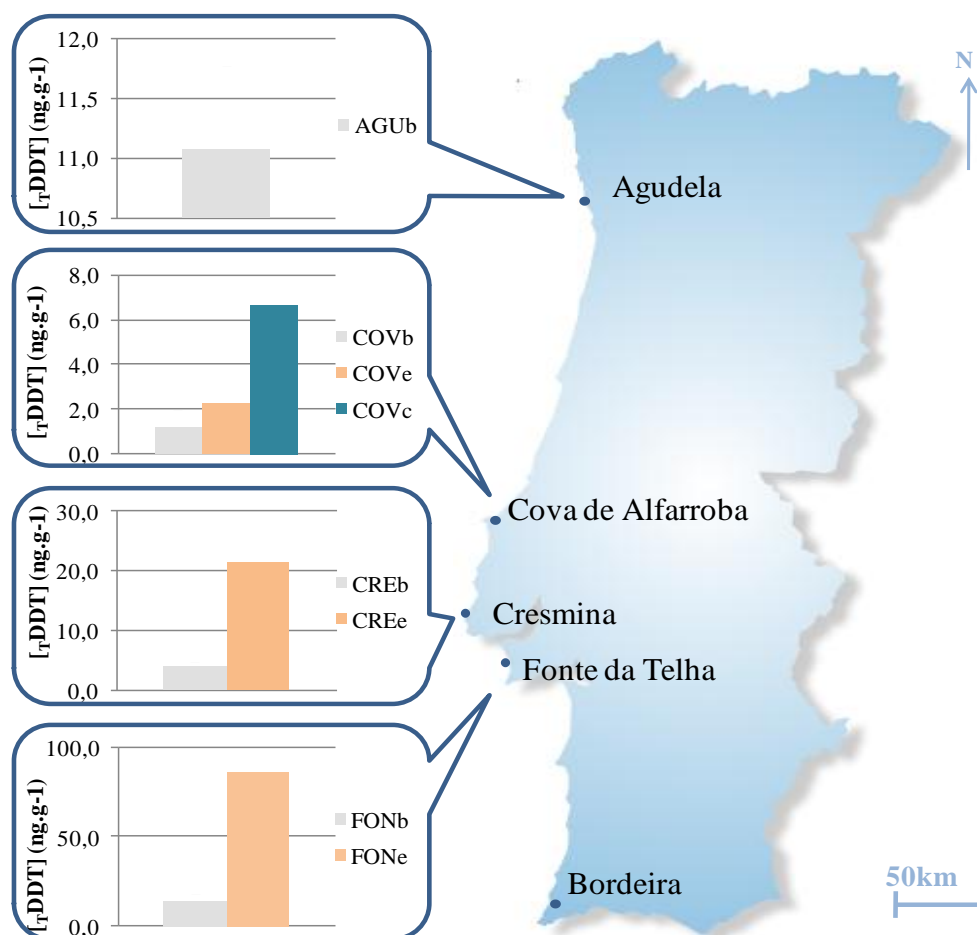


Figura 3.22 – Concentrações totais de DDT nas 8 amostras.

Relativamente aos valores de DDT e de acordo com a indicação das concentrações totais nos *pellet* brancos, a praia Fonte da Telha é a que apresenta maiores concentrações, com uma ordem decrescente segundo as praias Agudela, Cresmina e Cova de Alfarroba. Nos *pellet* envelhecidos segue-se a mesma gradação crescente que a verificada para PCB, segundo praias Cova de Alfarroba, Cresmina e Fonte da Telha.

- **Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos**

Em cerca de 37 % das análises feitas aos 16 congénere, as concentrações são inferiores aos 7 limites de detecção associados. Para *pellet* envelhecidos a maior concentração determinada foi de 195,03 ng.g⁻¹ para o congénere indeno-[1,2,3-cd]pireno (IN) na praia Fonte da Telha, mais de 9 vezes superior à concentração máxima em *pellet* brancos de 20,94 ng.g⁻¹ para o congénere benzo(k)fluoranteno (BKF) na praia da Agudela (Figura 3.23).

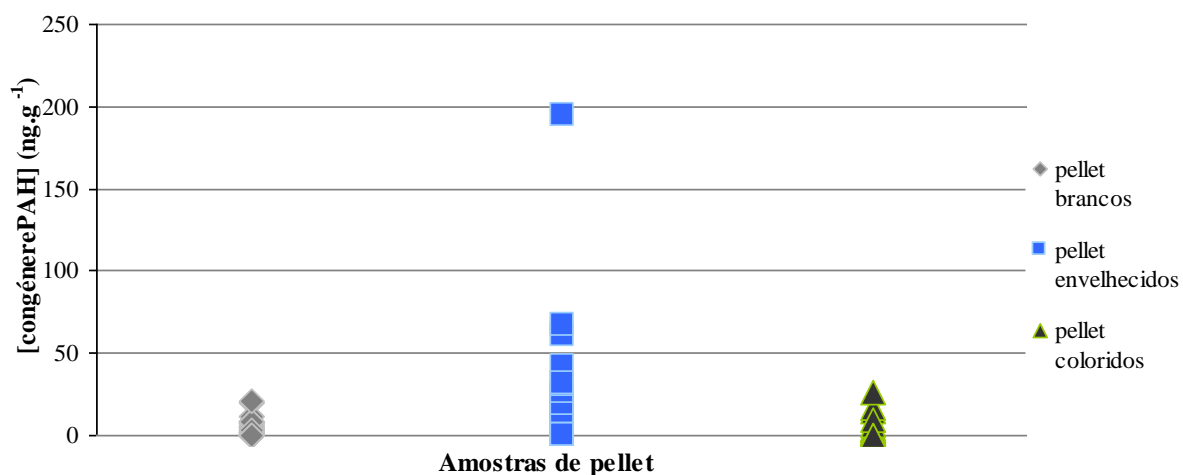


Figura 3.23 - Concentrações de PAH por congénere em todas as amostras (cada ponto corresponde a um congénere numa amostra de *pellet*).

Como nos outros POP analisados, os *pellet* envelhecidos apresentam uma tendência para concentrações mais elevadas (Figura 3.23 e Figura 3.24).

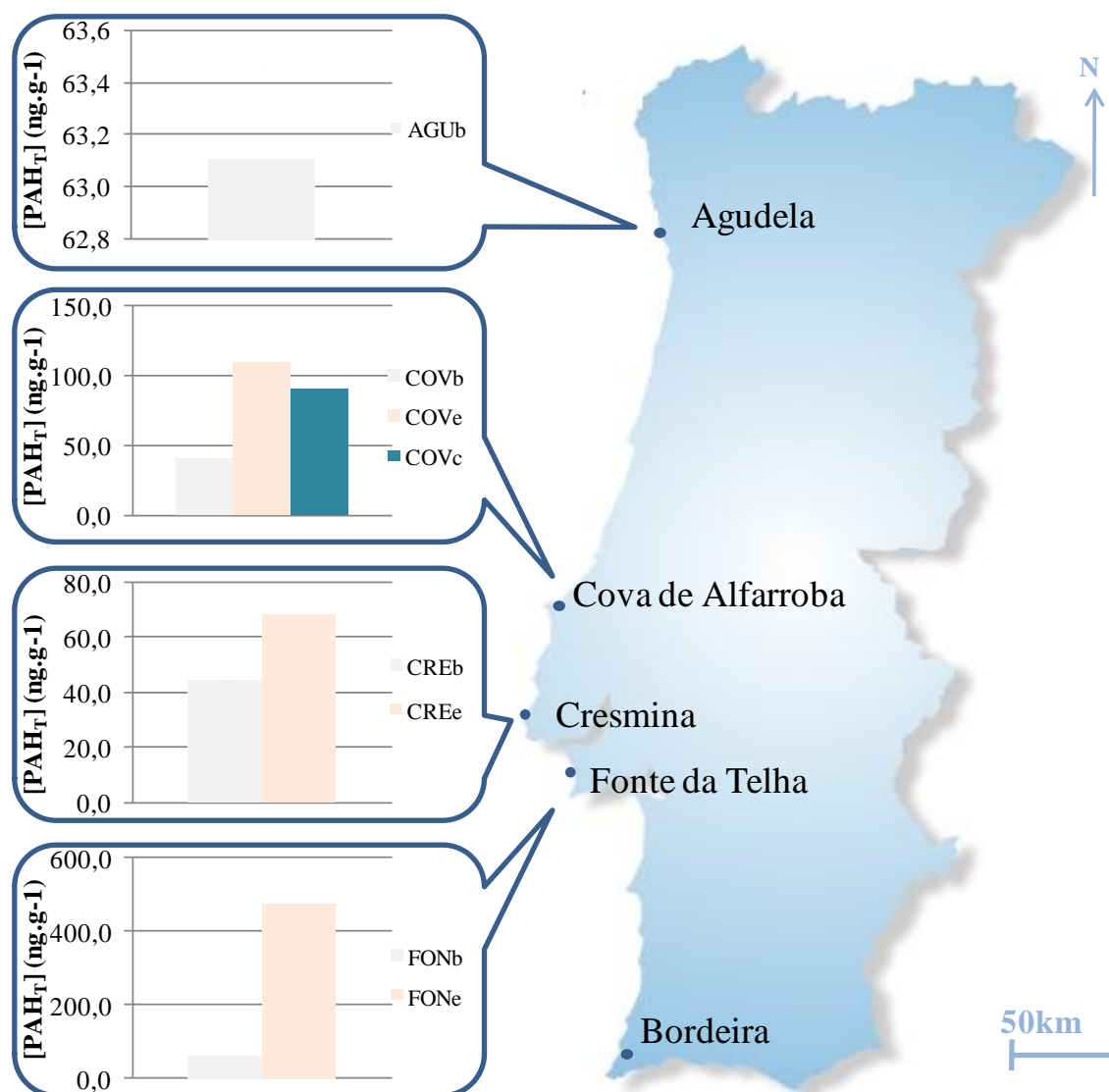


Figura 3.24 – Concentrações totais de PAH.

As maiores concentrações médias em *pellet* brancos verificam-se por ordem decrescente na praia Fonte da Telha, Agudela, Cresmina e Cova de Alfarroba (ordem igual à verificada para o DDT). Em *pellet* envelhecidos a ordem decresce segundo as praias Fonte da Telha, Cova de Alfarroba e Cresmina.

3.4 Aplicação do Índice *Clean Coast Index*

Durante a amostragem, observou-se em todas as praias para avaliação do Estado da Costa, com excepção da praia do Carvalho, transectos com pouca acumulação de plásticos (Figura 3.25). Esta contaminação verificou-se essencialmente na linha de preia-mar, não tendo sido encontrados plásticos ao longo dos transectos fora desta zona.



Figura 3.25 – Amostras recolhidas nas praias para avaliação do Estado da Costa: PV1 – Póvoa do Varzim, M1, M2 – Mira, FA1, FA2, FA3 – Foz do Arelho, B1 – Bica, C1, C2, C3 – Carvalhal.

Na Tabela 3.7 apresenta-se algumas características identificadas durante a recolha das amostras. Nos Anexos 5 – Tabela A5.3 e Tabela A.5.4 apresentam-se as condições meteorológicas e do mar registadas durante a amostragem.

Tabela 3.7 - Dados de caracterização das praias recolhidos aquando amostragem.

Praias	MIR Mira	FOZ Foz do Arelho	BIC Bicas	CARV Carvalhal	POV Póvoa do Varzim
Declive	acentuado	baixo	médio	médio	muito baixo
Extensão	média	grande	pequena	grande	pequena
Exposição	pouco aberta, presença rochas	muito aberta	pouco aberta/rodeada por arribas	aberta/arribas	pouco aberta/rodeada por arribas
Granulometria sedimento	grossa a média	fin a grossa nas linhas preia-mar/ baixa-mar	fin a	fin a média na linha baixa-mar	fin a

As amostragens efectuaram-se não exactamente nos dias de lua cheia (dias de amostragem das praias para Categorização de Plásticos), isto é, nos dias de previsão das maiores alturas de marés equinociais, mas na proximidade das segundas maiores marés vivas equinociais, antes do período da lua nova.

Em relação às condições meteorológicas, verificou-se durante todos os dias de amostragem, a não ocorrência de precipitação. Não se registaram valores de vento elevados, e na praia da Póvoa do Varzim, Mira e Foz do Arelho, soprou na direcção norte-sul e nas praias da Bica e Carvalhal na direcção este-oeste. As direcções das vagas foram de oeste-este nas duas primeiras praias e não se apresentam dados para as restantes. No que diz respeito aos intervalos de maré, verificaram-se os seguintes valores: Póvoa do Varzim – 2,1m, Mira – 2,2 m, Foz do Arelho – 2,3 m, Carvalhal – 2,4 m, Bica – 2,5 m.

Pode-se verificar por observação da Figura 3.25, que na praia do Carvalhal verificou-se uma acumulação significativamente diferente das outras praias.

Aplicou-se o índice a todo o plástico identificado com diâmetro superior a 5mm, obtendo-se os seguintes resultados (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 – Resultados da aplicação do índice *Clean Coast Index*.

Praias	Amostras	Plásticos >5 mm	Total Plásticos	Comprimento médio transecto (m)	Índice CCI	Índice CCI x K
Póvoa do Varzim	POV1	3	3	15	0,03	1
	POV2	0				
	POV3	0				
Mira	MIR1	1	4	41	0,02	0
	MIR2	3				
	MIR3	0				
Foz do Arelho	FOZ1	0	6	22	0,05	1
	FOZ2	4				
	FOZ3	2				
Bica	BIC1	1	1	19	0,01	0
	BIC2	0				
	BIC3	0				
Carvalhal	CAR1	38	88	47	0,31	6
	CAR2	2				
	CAR3	48				

Obtiveram-se índices muito baixos em todas as praias à excepção da praia do Carvalhal, os quais designam as praias respectivas de muito limpas por Alkalay *et al.* (2007), enquanto que a praia do Carvalhal obteve um índice moderado correspondendo a uma praia moderadamente limpa.

A praia do Carvalhal é a única praia com uma ribeira, não se verificando influência de demais fontes terrestres segundo a Tabela 2.3.

A praia mais limpa foi a das Bicas, uma praia de declive médio e granulometria média junto da linha de maré baixa. Situa-se no limite Oeste do Parque Marinho Luíz Saldanha, está perto da cidade de Sesimbra, de dimensão pequena, e não existem pontos de descarga perto, nem unidades industriais, localizando-se perto dos rios Tejo e Sado, contudo a foz destes rios estão a mais de 50 km de distância.

A segunda praia mais limpa foi a de Mira, uma praia com grande actividade piscatória, comprovada presencialmente, baixo declive, grande extensão e muito aberta e sedimento fino a grosseiro na linha de baixa-mar. Relativamente às fontes terrestres identificadas, encontra-se nas proximidades a Ria de Aveiro e a ETAR de Mira situada imediatamente a norte, com o vento a soprar na direcção norte-sul durante a amostragem

A terceira praia mais limpa foi a da Póvoa do Varzim, próxima de muitas fontes terrestres – um ponto de descarga a sul, Rio Ave a sul, duas cidades de dimensão pequena na proximidade e zonas industriais a norte e sul, mas com sedimento grosseiro a médio, declive médio, extensão média e presença de rochas.

A quarta praia mais limpa foi a da Foz do Arelho, que está muito próxima de um ponto de descarga a norte sob influência da direcção do vento norte-sul aquando da amostragem, e que apresenta um declive médio, extensão pequena, pouco aberta e de granulometria fina.

3.5 Análise Final com abordagem ao modelo *Driver-Pressure-State-Impact-Response*

O recurso aos modelos DPSIR (*Driver-Pressure-State-Impact-Response*, equivalente a Funções Forçadoras-Pressões-Estado-IMPACTE-Respostas) constitui uma ferramenta relevante

para providenciar uma melhor compreensão de questões ambientais, sendo útil para os decisores políticos e, neste caso, um bom veículo para esclarecer a opinião pública acerca do estado da poluição marinha por plásticos a um nível geral.

Pode ser utilizada como uma ferramenta de auxílio em processos de decisão, identificando opções de gestão de um determinado cenário.

Pretende-se fornecer uma perspectiva geral do estado do problema em termos ambientais, económicos e sociais, e identificar as principais variáveis forçadoras e pressões responsáveis pelo fenómeno da poluição marinha por resíduos plásticos.

A interacção entre a fonte e o receptor foi o primeiro passo a identificar nesta avaliação, isto é, a interacção entre as fontes terrestres e marinhas de partículas plásticas e qualquer massa de água marinha. Esta interacção pode identificar-se como **Estado** - poluição marinha por partículas plásticas, a uma dimensão macro e micro, com plásticos de fase pré e pós consumo, a que se associa a adsorção de POP. O estado dos oceanos tem sido exaustivamente investigado e os estudos efectuados permitem identificar quais os outros quatro factores do modelo DPSIR.

As **Funções Forçadoras** foram identificadas. A procura de materiais sintéticos baratos e versáteis, os padrões de consumo e consequente produção de produtos e resíduos plásticos, a densidade demográfica e deslocação para regiões costeiras e o crescimento económico acoplado ao aumento na geração de produtos plásticos.

Estas funções forçadoras sob uma má gestão dos produtos plásticos produzidos e utilizados irão desencadear **Pressões** como descargas de produtos e resíduos plásticos (de águas residuais nos oceanos e mau encaminhamento dos resíduos domésticos, urbanos e industriais, dispersão de resíduos da actividade recreativa, de pescadores, provenientes de regiões do interior próximas de linhas de água e de embarcações de mercadorias e militares, recolha e transporte de produtos e resíduos plásticos, em portos e no mar) que associadas à persistência destes materiais, promovem o actual estado dos oceanos.

A partir do Estado, identificam-se os **Impactes** ecológicos, sociais e económicos, que geralmente serão a força motriz por trás de **Respostas** que poderão gerar um bom *feedback* no

sistema, para o seu controlo e/ou redução, em cujas respostas é essencial envolver os decisores políticos e partes interessadas, de modo a alterar as funções forçadoras e consequentes pressões do sistema.

Nestas respostas encontram-se iniciativas de monitorização da poluição presente e danos ambientais, investigação de tecnologias de reciclagem e sua promoção através da legislação, investigação de plásticos biodegradáveis e bioplásticos realmente biodegradáveis, fomentar a utilização de plástico reciclado com maior regulação através da legislação, promovendo igualmente um menor consumo.

Apresenta-se então de seguida uma síntese dos factores implicados no fenómeno da poluição marinha por resíduos plásticos, apresentados ao longo da dissertação (Figura 3.26).

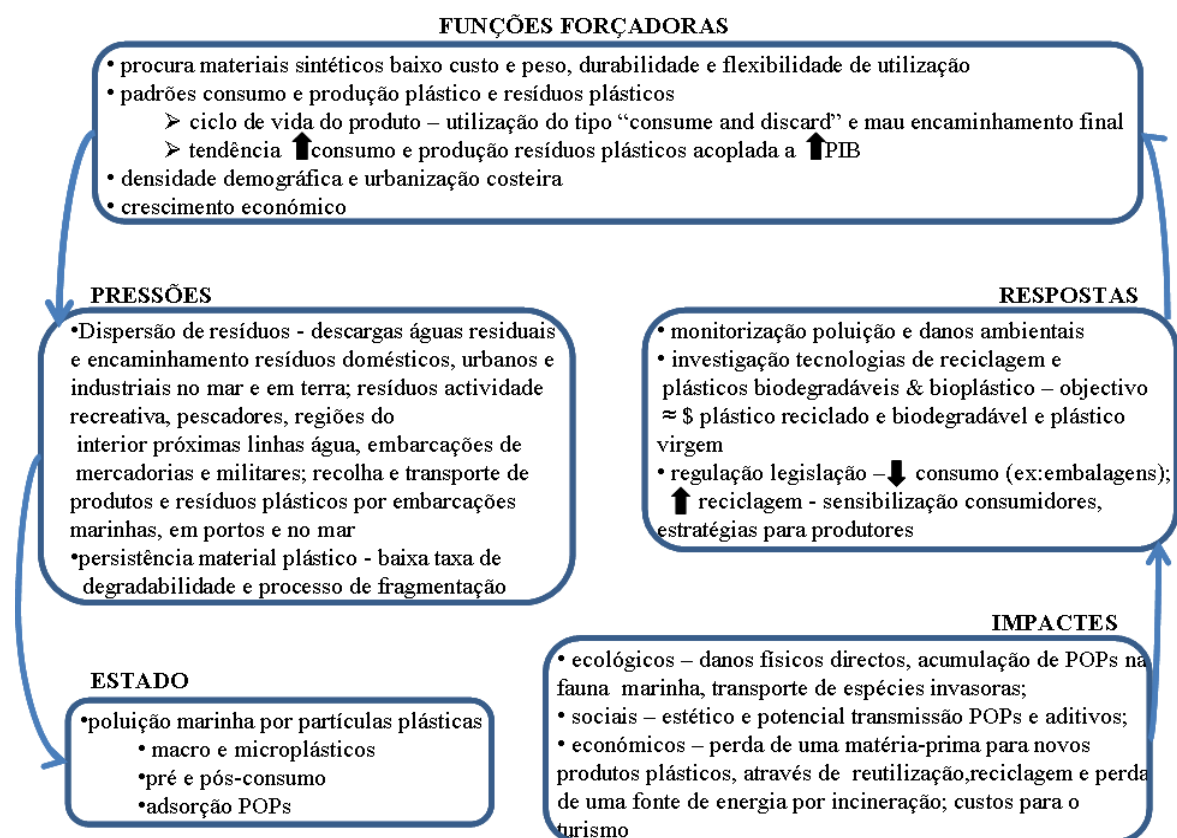


Figura 3.26 – Modelo DPSIR para a poluição marinha por resíduos plásticos.

4. Discussão

4.1. Categorização dos resíduos plásticos por tipo e dimensão

Como refere Gregory (2009) prevê-se uma maior acumulação de resíduos plásticos em sedimentos de granulometria fina, pelo que sob uma observação inicial das praias de granulometria mais fina com declive mais baixo supor-se-ia uma maior acumulação de resíduos plásticos nas praias da Cresmina, Fonte da Telha e Bordeira, sem considerar a influência das potenciais fontes terrestres e marinhas e condições meteorológicas.

Como esperado nestas praias, em consequência da amostragem ter decorrido durante a época das marés vivas equinociais e ter-se escolhido praias com orientação a norte (sofrendo influência das correntes predominantes de noroeste), verificou-se uma acumulação muito elevada de resíduos plásticos ao longo da linha de maré resultante da preia-mar, abundância total de 11799 resíduos plásticos (com ~2322 g de peso nas cinco praias), com uma densidade média de 185 itens.m⁻². Deduz-se que a orientação noroeste predominante das correntes marinhas arraste resíduos marinhos que venham de zonas a norte, o mesmo se devendo verificar para a influência das fontes terrestres que se localizem a norte dos pontos de amostragem.

A praia da Agudela é a que apresenta maior número de potenciais fontes terrestres, face à proximidade de três pontos de descargas. Contudo, foi a segunda praia onde se verificou menor acumulação de resíduos plásticos (a praia da Bordeira foi a que registou a menor acumulação de plásticos). A praia da Cresmina pelo contrário é onde se verifica menor número de fontes terrestres identificadas e foi a terceira praia com menor acumulação de resíduos, substancialmente inferior à acumulação na Fonte da Telha e a mais poluída Cova de Alfarroba, com mais de 5000 unidades registadas numa área amostrada de 12,75 m².

Após o tratamento dos dados da campanha de 2007 e 2008 da campanha CoastWatch (Soares, comunicação pessoal, Novembro 2009), constatou-se que as regiões com maior acumulação de plásticos (embalagens de plástico, pneus, sacos de plástico, aparelhos de pesca, material médico e sanitário, recipientes substâncias potencialmente perigosas, esferovite e similares), são por ordem decrescente, em 2007: Oeste, Península de Setúbal e Baixo Vouga, e em 2008: as regiões do Baixo Vouga e Oeste, seguida da Península de Setúbal. Embora os universos de resíduos plásticos integrado nesse projecto e no presente estudo não sejam iguais, a

predominância da zona Oeste como maior receptora de determinados resíduos plásticos é coincidente com a maior acumulação de resíduos na praia da Cova de Alfarroba, na mesma região.

Os valores de densidade média desde 28,6 itens.m⁻² (praia da Bordeira) até 392,8,5 itens.m⁻² (praia da Cova de Alfarroba) são muito superiores aos registados na costa de Edimburgo (0,8 itens.m⁻²), Reino Unido, e em diferentes costas do Norte Atlântico (entre 0,15 a 12,5 itens.m⁻²) respectivamente por Velandar e Mocogni (1998) e Barnes e Milner (2005). Em estudos de monitorização mais recentes, como os efectuados por Santos *et al.* (2009) ao longo de 150 km da costa nordeste brasileira, registou-se uma densidade média de 82.1 itens.m⁻². Na Costa dos Coqueiros, na mesma região, mas no ano de 2005 registou-se uma densidade média de 76 e 70 itens.m⁻², respectivamente por (Ivar do Sul 2005) e Santos *et al.* (2005). A elevada variabilidade de densidades é função de uma série de factores que regulam a sua acumulação, entre os quais a metodologia empregue pelos diferentes autores, pelo que as comparações a realizar são limitadas.

No que diz respeito à abundância e peso das classes de categorização definidas por tipo, verificou-se a predominância de *pellet* (na praia da Bordeira recolheu-se apenas um *pellet*, podendo dever-se à inexistência de fontes terrestres nas proximidades, à excepção da ribeira da Bordeira), fragmentos plásticos e poliestireno, embora em relação ao peso as classes de poliestireno e *pellet* sejam menos predominantes, dado serem geralmente resíduos de baixo tamanho e baixa densidade, principalmente o poliestireno.

Confrontando estes resultados com os obtidos por Araújo *et al.* (2006) que apontam o plástico, borracha, poliestireno e *nylon* como a maior fracção de resíduos marinhos, verifica-se que a borracha e o *nylon* têm pouca representatividade no presente estudo, mas as outras classes são duas das classes mais abundantes. Ainda, Moore *et al.* (2001a) identificaram na costa californiana a classe de *pellet* como a mais abundante (~98 %); Moore *et al.* (2001b) identificaram no giro do Pacífico Norte estas três classes como as mais predominantes, pela ordem decrescente fragmentos plásticos, *pellet* e poliestireno; McDermid e McMullen (2004), no Hawaii, identificaram as classes de fragmentos plásticos (87 %), seguida da de *pellet* (11 %) como as mais abundantes; Costa *et al.* (2009) tendo amostrado apenas as classes de fragmentos plásticos e *pellet*, obteve percentagens de ~97 % e ~3 % respectivamente.

Relativamente à dimensão do plástico recolhido (desde os 50 µm até aos 20 cm de diâmetro), as classes de 3, 4 e 5 mm e também a classe > 11 mm são as mais representadas. Os plásticos de diâmetro inferior a 10 mm constituíram 90 % do total, devido à abundância de *pellet*, fragmentos e poliestireno, classes geralmente de pequena dimensão.. Esta percentagem está em concordância às obtidas por Madzena e Lasiak (1997) na África do Sul e Morét-Ferguson *et al.* (2010) no Oceano Atlântico Norte, de 33,3 % e 94 % para o mesmo intervalo de tamanho na África do Sul e um pouco superior à de Costa *et al.* (2009) de 64,2 % para resíduos plásticos com diâmetro inferior a 20 mm, no nordeste brasileiro.

Morét-Ferguson *et al.* (2010), num estudo de longo termo entre 1990 e 2010 na região setentrional do Oceano Atlântico, registou um aumento nas classes de plástico de menores dimensões, e sugeriu que poderia indicar os já mencionados “efeitos amplificadores da abrasão mecânica e degradação fotoquímica em partículas com longos períodos de residência no mar”

Foi comprovada a utilização de resíduos pela fauna marinha nas praias da Bordeira e da Cova de Alfarroba, corroborando os registos de Bockstiegel (2010), Gregory (2009), Hartwig *et al* (2007) e Holden (2009).

Verificou-se nas abundâncias por dimensão das classes mais pequenas de todas as praias que os plásticos em quadrados 0,5x0,5 m são mais numerosos em virtude da malha da peneira de amostragem nos quadrados 2x2 m ser de dimensão 2,5x3,5 mm, recolhendo maioritariamente resíduos de diâmetro superior ou igual a 3 mm, isto é superior à classe 3.

Na análise de diferenças significativas no número dos principais tipos de plástico (poliestireno, fragmentos plásticos e *pellet*) entre praias, foram encontradas evidências estatísticas de diferenças (ANOVA, $p < 0,05$ e $F_{\text{critico}} = 2,78$), exceptuando no grupo dos *pellet* em quadrados 0,5x0,5 m.

Uma vez que as variâncias em cada amostra eram bastante elevadas, é fundamental realizar programas de amostragem mais exaustivos, com um maior número de amostras, ou maior frequência de amostragem para obter resultados mais conclusivos.

Os resultados da recolha de microplásticos e análise por micro-ftir são consistentes com a elevada procura industrial destes polímeros (PlasticsEurope, 2010), com identificação de polietileno (PE), poliéster (PL) e poliestireno (PS). Contudo polipropileno (PP) não foi encontrado nas amostras. Frias *et al.* (2010) encontrou em duas praias do presente estudo – Fonte da Telha e Cresmina polímeros de PE, PS and PP. Ng e Obbard (2006) realizou um estudo sob a identificação de microplásticos em sedimentos de praias em Singapura, identificando os mesmos polímeros para além do *nylon*, tendo o PS sido o polímero mais detectado.

4.2. Poluentes orgânicos persistentes em *pellet*

Após a categorização e identificação de microplásticos realizada, compreende-se facilmente a problemática do impacte destes (numerosos e predominantes neste estudo), estudados entre outros motivos, por serem ingeridos pela fauna marinha e pelos danos físicos imediatos e crónicos através da transmissão de POP e outros PBT adsorvidos a estes plásticos.

As concentrações de POP, entre cada praia e entre praias são muito díspares – tPCB: 5,6-105,2 ng.g⁻¹, tPAH: 40,6-477,8 ng.g⁻¹, tDDT: 1,2-85,87 ng.g⁻¹, como verificado também em *pellet* recolhidos no Japão, por Mato *et al.* (2001) - PCB: 4-117 ng.g⁻¹ e DDE: 0,16-3,1 ng.g⁻¹ e por Endo *et al.* (2005) - PCB: <28-2300 ng.g⁻¹.

Nas amostras de *pellet* brancos e envelhecidos (das praias Cova de Alfarroba, Cresmina e Fonte da Telha) submetidas à análise, as concentrações de POP são maiores nas segundas amostras (excepto para praia COV – PCB). Estes resultados estão de acordo com os registados por Frias 2010 nas praias da Cresmina e Fonte da Telha (exceptuando para PCB na praia CRE) e sendo consistente com o apontado por Endo *et al.* 2005 relativamente a PCB, cujas concentrações foram respectivamente também superiores em *pellet* coloridos e envelhecidos.

Na praia da Agudela e Fonte da Telha verificam-se as maiores concentrações totais de PCB em *pellet* brancos e envelhecidos respectivamente. Isto pode dever-se à proximidade a maiores fontes de contaminação resultante da actividade industrial nas margens do rio Sado (e Tejo antigamente) – praia Fonte da Telha, na margem do rio Douro e no porto de Leixões – praia da Agudela, onde grandes quantidades de PCB foram utilizadas no passado poluindo

estas massas de água, sedimentos e organismos marinhos. Ainda, terá influência a proximidade da praia da Agudela à indústria química Petrogal que à data de 2002 efectuava descarga de DDT e PCB (SNIRH, s.d.).

Nas amostras da Praia da Cresmina também se verificam concentrações elevadas embora inferiores às anteriores. Tal facto pode dever-se à influência do cessar da actividade industrial no Rio Tejo verificado há mais tempo. A praia Cova de Alfarroba, por estar menos próxima de indústrias, foi onde se registaram as concentrações mais baixas. Nesta praia as concentrações em *pellet* coloridos é superior às concentrações em *pellet* brancos e envelhecidos, mas uma vez que só existe uma amostra desta categoria não é possível inferir tendências para esta classe.

Comparando as concentrações totais obtidas de PCB (tPCB) com as obtidas por Frias 2010 para as mesmas praias na mesma época do ano, em amostras recolhidas em 2009 – praia da Cresmina: 9 e 7 ng.g⁻¹ em *pellet* brancos e envelhecidos, praia Fonte da Telha 36 ng.g⁻¹ em *pellet* envelhecidos, verifica-se um aumento das concentrações adsorvidas aos *pellet* de 2009 para 2010. No entanto, dada a grande variabilidade associada, apenas estudos sistemáticos durante um período alargado poderão ser conclusivos quanto a esta tendência.

Relativamente aos DDT, também nos *pellet* da praia Fonte da Telha foi onde se registaram maiores concentrações, seguida da Agudela, provavelmente pelas mesmas razões que as apresentadas para os PCB.

Comparando as concentrações obtidas de tDDT por Frias 2010 – praia da Cresmina: 1 e 2 ng.g⁻¹ em *pellet* brancos e envelhecidos, praia Fonte da Telha 2 ng.g⁻¹ em *pellet* envelhecidos, tratam-se de concentrações inferiores às registadas neste estudo.

Por último, face as concentrações obtidas de tPAH pelo mesmo autor – em *pellet* brancos e envelhecidos praia da Cresmina: 93 e 346 ng.g⁻¹ e praia Fonte da Telha 389 ng.g⁻¹ e 1351 ng.g⁻¹ em *pellet* envelhecidos, verificam-se valores superiores aos obtidos no presente estudo.

A variações de concentrações de POP em *pellet* são função não só das concentrações no meio como do facto dos *pellet* acumulados nas praias serem compostos por diferentes materiais, apresentarem diferentes condições de superfície (*fouled*, degradados) e cores (transparentes-

brancos, envelhecidos e coloridos), promovendo assim um potencial muito variável de actuarem como adsorventes (Endo *et al.* 2005). Estas variações explicam-se em menor grau, devido à variabilidade de coloração das amostras, dentro de cada amostra de *pellet* brancos, envelhecidos e coloridos de cada praia.

Observou-se em todas as amostras a presença de *pellet* com alguma contaminação à superfície - *fouled*. Estes *pellet* colonizados por diatomáceas, hidróides, algas filamentosas, matéria vegetativa ressequida e resíduos de alcatrão - Kuriyama *et al.* (2002) citado em Endo *et al.* (2005), irão influenciar a adsorção de POP, uma vez que a essa presença visível de contaminação está associado um maior tempo de residência nos oceanos, e consequentemente maior concentração de contaminantes na superfície, com adsorção de PCB (Endo *et al.* 2005), e possivelmente de PAH e DDT também.

Para melhor compreender as acumulações de POP registadas em cada praia seria necessário avaliar melhor a influência de: tipos, degradação e envelhecimento de *pellet*, condições climáticas, dinâmica da praia, padrões de circulação dos oceanos, características dos resíduos, fontes marinhas e terrestres. Também é relevante despende mais tempo para a amostragem e planear estudos de monitorização regulares.

4.3. Aplicação do Índice *Clean Coast Index*

Durante a amostragem das praias para avaliação do Estado da Costa, verificou-se em todas as praias com excepção da praia do Carvalhal, transectos com pouca acumulação de plásticos (Figura 3.25), particularmente baixa se comparada com a acumulação nas praias onde se estudou o tipo e dimensão de plásticos. As amostragens efectuaram-se não exactamente nos dias de lua cheia (amostragem das praias para Categorização de Plásticos), isto é, nos dias de previsão das maiores alturas de marés equinociais, mas na proximidade das segundas maiores marés vivas equinociais, antes do período da lua nova (ver Anexo 5 Tabela A.5.3 e Tabela A.5.4). Este facto poderá ter influenciado a afluência e acumulação de resíduos. Também, as condições fisiográficas de cada praia, forma e orientação (orientação a norte não foi um critério priorizado) bem como a pouca proximidade a fontes terrestres significativas foram determinantes para a menor acumulação de resíduos plásticos.

Considerando apenas as características físicas das praias, seria expectável uma menor acumulação de resíduos na praia da Póvoa do Varzim, dado ser a única com declive acentuado, areia grosseira, e além disso ter uma extensão média e ser pouco aberta. A maior acumulação deveria verificar-se na praia de Mira ou Carvalhal, dada a granulometria do sedimento, o baixo declive e a exposição aberta de ambas, o que se comprovou para a praia do Carvalhal – índice CCI de 0,31. A existência na praia de uma ribeira (única praia com esta característica) poderá ter tido alguma influência como potencial fonte terrestre, para além de ter-se registado nesta praia um dos mais elevados intervalos de maré (diferença de alturas entre maré alta e maré baixa).

A praia mais limpa foi a das Bicas, uma praia de declive médio o que pode dificultar a acumulação de resíduos, para além da granulometria média do sedimento junto da linha de maré baixa. Situa-se no limite Oeste do Parque Marinho Luíz Saldanha, está perto da cidade de Sesimbra, de dimensão pequena, e não existem pontos de descarga perto, nem unidades industriais, podendo sofrer influência do rio Tejo e Sado, contudo a foz destes rios estão a mais de 50 km de distância. Ao haver um parque marinho na proximidade poderão verificar-se limpezas periódicas e maior vigilância, a que se poderá dever em parte a quase nula acumulação de resíduos plásticos na praia.

No estudo de Alkalay *et al* (2007) obtiveram-se índices muito variáveis para todas as praias estudadas e os períodos amostrados. Foram por exemplo registados valores homogeneamente e regularmente baixos para uma praia – Habonim, que se localizava dentro de um parque nacional e que por isso era regularmente limpa, registando assim índices inferiores a 5 nas 20 medições efectuadas entre Junho e Dezembro de 2005, e valores mínimos de CCI de 0,09 na Praia Hadera até o máximo de 57,25 na Praia Hof Hasharon.

Procurou-se amostrar uma praia de cada região inicialmente definida no sub-capítulo da Caracterização da Costa Portuguesa, de modo a englobar a variabilidade de acumulação de resíduos entre praias. Contudo, uma praia por região ou uma amostragem apenas efectuada são insuficientes para retirar conclusões acerca do estado de limpeza das praias portuguesas e limitam a interpretação dos resultados obtidos.

5. Conclusão, Sugestões e Perspectivas Futuras

I have done that, “says my memory.”I cannot have done that” – says my pride, and remains adamant. At last – memory yields
(Nietzsche, s.d)

5.1 Conclusão

Este estudo cumpriu os objectivos principais, tendo sido essencial para a determinação das principais classes (tipo e dimensão) de plástico que se acumulam nas linhas de preia-mar nas praias da costa oeste portuguesa, bem como a determinação das concentrações de POP adsorvidas a *pellet*. Foi inovador, no sentido em que face a um conhecimento deficitário do estado da costa portuguesa no que diz respeito a este tipo de poluição, apresentou uma perspectiva do actual problema, recorrendo a metodologias simples mas eficazes. Ainda, a inclusão de microplásticos numa classificação exaustiva apresentou uma nova visão sobre o problema, dada a degradação dos plásticos até tamanhos desconhecidos e a abundância de microplásticos. Por último, os resultados obtidos estão em concordância com resultados de outros investigadores, embora as comparações tenham algumas limitações, dadas as diferenças nos métodos de monitorização, no universo de resíduos plásticos considerado, entre outros factores influentes na acumulação destes.

A categoria mais importante encontrada nas praias foi o plástico de pós-produção, correspondendo a 67 % da abundância total, muito representado pela classe de poliestireno com 37 % e fragmentos plásticos 18 %, correspondendo os restantes 33 % da abundância total a plástico de pré-consumo, mais precisamente *pellet*. Estas classes foram predominantes nas praias à excepção dos *pellet* na praia da Bordeira que apresentou apenas uma unidade.

Os resultados comprovam que os resíduos plásticos na costa portuguesa são um problema particularmente nas dimensões mais pequenas, considerado o facto de 72 % do plástico amostrado nas praias (identificado visualmente) ter dimensões correspondentes às de microplásticos, para além da grande quantidade detectada ao microscópio. Contudo, não é um microproblema na perspectiva de ser um problema pequeno, mas ser sim um problema de grande dimensão disseminado pela costa portuguesa.

Relativamente às concentrações de POP, as maiores obtidas foram as de PAH, seguidas de PCB e DDT. São notórias as diferenças nas concentrações entre praias, com concentrações superiores geralmente em *pellet* envelhecidos comparativamente com *pellet* brancos. Na única

amostra de *pellet* coloridos analisada, as concentrações foram superiores às dos *pellet* envelhecidos, tal como em Frias *et al.* (2010).

Os *pellet* podem ser encontrados a boiar à superfície do mar, na mesma camada onde se concentram contaminantes PBT (Wurl and Obbard 2004). Ainda, um maior tempo de residência no mar promove fenómenos de degradação, resultando numa maior razão superfície/volume, com maior exposição aos poluentes marinhos. A juntar a estes factores as maiores concentrações em *pellets* envelhecidos e coloridos, torna-se relevante e preocupante o conhecimento da ingestão preferencial por algumas espécies de aves e peixes de *pellet* envelhecidos e coloridos, confundindo com alimento (Robards *et al.* 1995 e Vliestra e Parga 2002 citados em Endo *et al.* 2005). Estas constatações podem potencialmente ser verificadas em outros tipos de microplásticos, reforçando a necessidade de propor-se e aplicar soluções para prevenir este tipo de poluição marinha e chamando à atenção para a importância da avaliação da contribuição dos microplásticos, dados os riscos decorrentes da sua dispersão.

É difícil inferir correlações entre a distribuição de POP no mar e fontes terrestres e as concentrações determinadas nos *pellet*. Na perspectiva de um estudo com um maior número de amostras poder-se-ia tentar fazer esse tipo de análise, correlacionando por exemplo existências de fontes terrestres e concentrações no meio marinho com maiores concentrações POP, como já feito em outros estudos (Mato *et al.* 2001 e Endo *et al.* 2005). É essencial continuar-se a efectuar este tipo de estudos, especialmente em microplásticos, dado o maior rácio superfície/volume destas partículas.

O índice *Clean Coast Index* indica que das 5 praias estudadas, quatro estão muito limpas e uma moderadamente limpa. De facto, nas praias em que se avaliou este índice obtiveram-se acumulações muito diminutas (à excepção da praia do Carvalhal). Verificam-se realmente grandes disparidades na acumulação de resíduos de praia para praia, em comparação com os resultados das praias para categorização de resíduos plásticos.

As diferentes abundâncias totais obtidas entre os dois grupos de praias, entre praias de cada grupo e dentro de cada praia estão relacionadas com a variabilidade dos factores abióticos e condições meteorológicas, físicos – fisiografia, forma, orientação e dinâmica das praias, e proximidade a fontes terrestres e marinhas de resíduos plásticos. Uma avaliação precisa da influência destes factores é essencial para melhor interpretar a abundância dos plásticos

recolhidos e categorizados nas diferentes classes. Para além disso, incluir um maior número de praias, e uma maior frequência de amostragem, resultariam num melhor reflexo do estado da acumulação dos resíduos plásticos marinhos na costa portuguesa.

Muitos métodos de monitorização foram sugeridos. A NOAA por exemplo, sugere para monitorização de qualquer tipo de resíduos um número mínimo de 4 transectos aleatórios por praia com 5 m de largura desde limite de água até a uma linha média de maré alta (Ribic *et al.* 1992). Contudo sendo as áreas estudadas diferentes de estudo para estudo, mais importante do que seguir um determinado método já testado, é realizar um ensaio preliminar para testar a partir de que dimensão de transectos e quadrados não existe variação significativa nos resíduos acumulados.

Algumas críticas negativas aos resultados da monitorização de resíduos plásticos nas praias são os factos de subestimar os valores reais já que apenas uma parcela dos resíduos presentes em meio marinho alcança e se acumula ao longo da linha de maré (Dixon e Dixon 1981) e sobrestimar a contribuição de fontes terrestres e carga e descarga de embarcações (Moore *et al.* 2001a). Porém, ao servir potencialmente de cenário representativo do estado da costa, pode suportar processos de tomada de decisão, particularmente se assentar não em dados pontuais mas em dados de tendência, resultantes de amostragens periódicas ao longo de um amplo período de tempo. Também é um método com boa relação custo-eficácia, comparativamente a monitorizações realizadas em mar-aberto por exemplo. A monitorização em praias arenosas não representa adequadamente a acumulação de resíduos plásticos em todos os ambientes da linha de costa, além de que nestas praias, comparativamente com praias rochosas ocorre geralmente maior acumulação de resíduos (Rees e Pond 1995).

A aplicação do modelo DPSIR permitiu efectuar um balanço entre todos os factores envolvidos na evolução do problema da acumulação de resíduos plásticos marinhos. Promoveu uma melhor compreensão de algumas “Respostas” que são sugeridas no próximo e último subcapítulo - Considerações finais.

5.2 Considerações finais

As principais sugestões para diminuir o volume de resíduos plásticos que entram nos oceanos são as seguintes:

- Prevenção
 - diminuir o volume de plásticos comercializado, que por exemplo se destine ao embalamento, uma vez que geralmente tem um curto período de vida;
 - promover diminuição da procura com intervenção dos consumidores;
 - desacoplamento do crescimento do PIB e crescimento da produção de produtos plásticos;
 - as empresas que diminuam produção de produtos plásticos e investirem em materiais alternativos poderão ser compensadas por atribuição de rótulos “verdes” (Thompson *et al.* 2009b);
- Resíduos plásticos como matéria prima - é necessário diminuir produção de plástico a partir de plástico virgem, e fechar o ciclo de vida entre produção e resíduos plásticos, melhorando a gestão destes resíduos, passando a considerar os plásticos no fim do ciclo de vida como potencial matéria-prima e não como resíduos (Thompson *et al.* 2009a), para além de incentivar a reutilização.
- Investigação em plásticos biodegradáveis e bioplásticos - não são ainda a melhor solução visto em última instância degradarem-se até à dimensão de microplásticos como os plásticos convencionais, a degradação em aterro estar condicionada e não ser fácil a sua reciclagem em comparação à de plásticos convencionais. No entanto, mais investigação na sua degradação e novos plásticos deve continuar a ser feita;
- Melhor Gestão de Resíduos
 - Reduzir produção de resíduos;
 - Monitorizar e acompanhar a ocorrência de perdas indesejáveis de produtos, resíduos plásticos e poluentes adsorvidos para o ambiente, durante o ciclo de vida do produto desde a produção até ao envio para os destinos finais;
- Reciclagem
 - Para facilitar a reciclagem dos resíduos plásticos é imperativo abandonar a confidencialidade a nível legislativo da informação relativa aos aditivos presentes nos produtos plásticos que condicionam o sucesso da reciclagem;
 - Deve-se também investir em *design* de produtos (a nível molecular) que facilitem a reciclagem, com poucos tipos ou apenas utilização de um tipo de polímero;
 - Apostar no desenvolvimento de tecnologias dos processos de reciclagem e consciencialização dos consumidores, com incentivos como já acontece com os metais e garrafas;

- Fomentar criação de mercado para produtos reciclados;
- Promover regulações governamentais que incentivem a reciclagem, promovendo assim a diminuição dos custos ambientais da correlação positiva entre crescimento económico e geração de resíduos.
- Legislação que regule poluição por fontes terrestres – A MARPOL está responsável pela redução de resíduos de fontes marinhas. Está em falta uma regulação internacional que promova a redução de poluição marinha por fontes terrestres.
- Investigação - correlação entre factores chave na acumulação de resíduos: são necessários estudos para correlacionar acumulação, correntes e fontes terrestres e marinhas e para promover esforços de prevenção de acumulação de resíduos plásticos nos oceanos e nas linhas de costa;
- Monitorização dos Resíduos Plásticos - standardização nas metodologias utilizadas em estudos de monitorização com os mesmos objectivos para que resultados em diferentes regiões sejam comparáveis (a IOC e UNEP desenvolveram um conjunto de guias para conduzir investigação e programas de monitorização consistentes – Bowmer e Kershaw 2010); o estabelecimento de nomenclatura consensual associada às classes de tipo e dimensão; investigações a uma maior escala espacial e temporal; estudos de tendência principalmente em localizações onde se preveja uma maior concentração/acumulação de resíduos, identificados por exemplo, através de instrumentos de modelação que determinem o movimento dos resíduos plásticos marinhos;
- Impacte ecológico e social – a ingestão de plástico pelos organismos marinhos vai tornar-se um problema mais frequente à medida que a quantidade de resíduos plásticos no ambiente marinho aumenta (Bockstiegel 2010), pelo que é necessária mais investigação do impacte dos microplásticos, tanto a nível de aditivos e polímeros constituintes, como dos POPs adsorvidos.
- Promover maior educação/consciencialização participação pública - em acções de limpeza das praias, em projectos de monitorização e em campanhas de sensibilização, uma vez que é reconhecido o papel da participação pública na gestão de zonas costeiras (Rees e Pond 1995); promover a educação através da acção dos meios de comunicação.
- Portugal – uma vez que ainda não foram efectuados estudos nesta área, é importante apelar a mais investigação para tomar o pulso do problema e para que soluções surjam com a intenção de geri-lo e com o objectivo final de “limpar” o ambiente marinho.

Referências Bibliográficas

- Abu-Hilal, A. H.; Al-Najjar, T. 2004. *Litter Pollution on the Jordanian shores of the Gulf of Awaba (Red Sea)*. Marine Environmental Research 58 p.39-63 (doi: 10.1016/j.marenvres.2003.12.003).
- Algalita. 2009. *Update on Fish Ingestion Study*. Algalita Marine Research Foundation. Disponível em <<http://www.algalita.org/bispap-ingestion-update-9-09.html>> Consultado em Agosto 2010.
- Alkalay, R.; Pasternak, G.; Zask, A. 2007. *Clean-coast index – A new approach for beach cleanliness assessment*. Ocean & Coastal Management 50 p.352-362 (doi: 10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002).
- Allsopp, M.; Walters, A.; Santillo, D.; Johnston, P. 2009. *Plastic Debris in the World's Oceans*. Greenpeace Report. Disponível em <<http://www.greenpeace.org/international/>>. Consultado em Setembro 2010.
- Alvarez, H. T. 2005. *Plastic Trash Washes into Oceans, Endangering Marine Life*. Manila Times. Disponível em <<http://www.mindfully.org>> Consultado em Setembro 2010.
- Andrady, A. L.; Neal, M. A. 2009. *Applications and societal benefits of plastics*. Philosophical Transactions of The Royal Society B 364, p.1977-1984 (doi: 10.1098/rstb.2008.0304).
- Arthur, C.; Baker, J.; Bamford, H. 2008. *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, Fate of Microplastic Marine Debris* (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30). Tacoma, WA, USA.
- Azzarelo, M. Y.; Van Vleet, E. S. 1987. *Marine birds and plastic pollution*. Marine ecology – Progress Series 37 p.295-303.
- Barnes, D. K. A.; Milner, P. 2005. *Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean*. Marine Biology 146 p.815-825 (doi: 10.1007/s00227-004-1474-8).

Barnes, D. K. A.; Galgani, F.; Thompson, R. C.; Barlaz, M. 2009. *Accumulation and fragmentation on plastic debris in global environments*. Philosophical Transactions of The Royal Society B 364 p.1985-1998.

Betts, K. 2008. *Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans*. Environmental Science & Technology. 42 (24) p.8995 (doi: 10.1021/es802970v).

Bockstiegel, E. 2010. *The North Pacific Gargabe Patch Problems and Potential Solutions* (SPEA 499 Honors Thesis) Indiana University.

Bravo, M.; Gallardo, M. A.; Luna-Jorquera, G.; Vásquez, N.; Thiel, M. 2009. *Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): Results from a national survey supported by volunteers*. Marine Pollution Bulletin 58 p.1718-1726 (doi:10.1016/j.marpolbul.2009.06.017).

Brown, J; Colling, A; Dave, Park. 1993. *Ocean Circulation – Prepared by an open university course team – The Open University*. Publicado em Associação com Pergamon Press.

Bowmer, T; Kershaw, P. 2010. *Proceedings of the GESAMP International Workshop on micro-plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans*. 28-30 Junho 2010. Reports & Studies n.82. UNESCO-IOC, Paris.

CalRecycle - California's Department of Resources Recycling and Recovery. S.d. *Plastics Information and Resources*. Disponível em <<http://www.calrecycle.ca.gov/>> Consultado em Janeiro 2010.

Cámara Valencia. *Servicio de Información Personalizado*. Disponível em <<http://www.camaravalencia.com/>> Consultado em Novembro 2010.

Carpentaria Ghost Nets Programme. S.d. *Carpentaria Ghost Nets Programme*. Disponível em <<http://www.ghostnets.com.au/>>. Consultado em Novembro 2009.

Clark, R. B. 1986. *Marine Pollution*. Oxford University Press Inc. Estados Unidos.

Costa, M. F.; Ivar do Sul, J. A.; Silva, J. S. Cavalcanti, S.; Araújo, M. C.; Spengler, Â.; Tourinho, P. S. 2009. *On the importance of size of plastic fragments and pellet on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach*. Environ Monit Assess (doi: 10.1007/s10661-009-1113-4).

Courrier. 2008. Chega de água engarrafada! Outubro 2008 n.152.

Courrier. 2009. Indonésia, a nova lixeira do mundo. Maio 2009 n.159.

Courrier. 2010. Problemas minúsculos. Junho 2010 n.172.

Debrot, D. O.; Tiel, A. B.; Bradshaw, J. E. 1999. Beach Debris in Curaçao. *Marine Pollution Bulletin* 38 (9) p.795-801.

Dell, K. 2010. The Promises and Pitfalls of Bioplastic. *Time* (3 de Maio de 2010). Disponível em <<http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1983894,00.html>> Consultado em Julho 2010.

Derraik, J. G. 2002. *The pollution of the marine environment by plastic debris: a review*. *Marine Pollution Bulletin*. 44 (9) p.842-852

Diamond, J. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Penguin Books 2005 p.498.

Dias, J. M. A. Água do Mar. *Revista de Gestão Costeira Integrada (RGCI)*. S.d. Disponível em <<http://www.aprh.pt/rgci/>> Consultado em Dezembro 2009.

DN – Diário de Notícias. 2010. Silvex vai produzir plástico agrícola biodegradável. Disponível em <<http://dn.sapo.pt/pesquisa/>>. Consultado em Julho de 2010.

Endo, S.; Takizawa, R.; Okuda, K.; Takada, H.; Chiba, K.; Kanchiro, H.; Ogi, H.; Yamashita, R.; Date, T. 2005. *Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellet: Variability among individual particles and regional differences*. *Marine Pollution Bulletin* 50 p.1103-1114. (doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.04.030).

EPA - Environmental Protection Agency. 1992. *Plastic Pellet In The Aquatic Environment Sources and Recomendations*. Office of Water. United States. Disponível em <<http://water.epa.gov>> Consultado em Outubro 2009.

EPA. 2002. *Assessing and Monitoring Floatable Debris*. Office of Wetlands, Oceans and Watersheds Office of Water. United States. Disponível em <<http://water.epa.gov>> Consultado em Outubro 2009.

Ferreira, A. s.d. *Caracterização de Portugal Continental*. pp. 16-61. Disponível em <<http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/542/2/cap2.pdf>> Consultado em Janeiro 2011.

Festing, M. F. W. 2001. *Guidelines for the Design and Statistical Analysis of Experiments in Papers Submitted to ATLA*. ATLA 29 p.427-446. Disponível em < <http://www.frame.org.uk/>> Consultado em Dezembro 2010.

Festing, M. F. W. S.d. *The ANOVA. Statistical Analysis*. Disponível em <<http://www.isogenic.info/>> Consultado em Dezembro 2010.

Frias, J. Sobral, P. Ferreira, A. 2010. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin* 60 (11) p.1988-1992 (doi:10.1016/j.marpolbul.2010.07.030).

Galloway, T. 2007. *Plastic bottles and moral code*. *Marine Pollution Bulletin* (doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.11.012).

Garraín, D.; Marínez, P.; Vidal, R.; Bellés, M. J. 2007. *LCA of thermoplastics recycling*. 3rd International Conference on Life Cycle Management. Disponível em <<http://www.lcm2007.org/>> Consultado em Março 2010.

GEOTA - Grupo de Estudos de Ordenamento do Território e Ambiente. 2005. *Perspectiva da Campanha CoastWatch 2004/2005*. <Disponível em www.geota.pt> Consultado em Novembro 2009.

GEOTA. 2007. *Perspectiva da Campanha CoastWatch 2006/2007*. <Disponível em www.geota.pt> Consultado em Novembro 2009.

GEOTA. 2010. *CoastWatch Europe 20 Anos a Olhar pelo Litoral*. <Disponível em www.geota.pt>. Consultado em Julho 2010.

Gorycka, M. 2009. *Environmental Risks of Microplastics*. Projecto de Investigação. Vrije Universiteit. Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen.

Gregory, M. R. 2009. *Environmental implications of plastic debris in marine settings – entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions*. Philosophical Transactions of The Royal Society B 364 p.2013-2025 (doi: 10.1098/rstb.2008.0265).

Gurnon, E. 2003. *Recycling it Overseas Poses Risks to Workers. Doing it Here Doesn't Pay*. North Coast Journal. Disponível em <<http://www.mindfully.org/Plastic/Recycling/Problem-With-Plastics5jun03.htm>> Consultado em Janeiro 2010.

Halpern, B. S.; Walbridge, S.; Selkoe, K.A.; Kappel, C.V; Micheli, F.; D'Agrosa, C.; Bruno, J.F.; Casey, K.S.; Ebert, C.; Fox, H.; Fujita, R.; Heinemann, D.; Lenihan, H.S.; Madin, E.M.P.; Perry, M. T.; Selig, E.R.; Spalding, M.; Steneck, R.; Watson, R. 2008. *A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems*. Science vol.319 n.5865 p.948-952 (doi: 10.1126/science.1149345).

Hartwig, E.; Clemens, T.; Heckroth, M. 2007. *Plastic debris as nesting material in a Kittiwake-(Rissa tridactyla)- colony at the Jammerbugt, Northwest Denmark*. Marine Pollution Bulletin vol.54 pp.595-597 (doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.01.027).

Hopewell, J.; Dvorak, R.; Kosior, E. 2009. *Plastic recycling: challenges and opportunities*. Philosophical Transactions of the Royal Society B 364 pp.2115-2126 (doi: 10.1098/rstb.2008.0311)

Instituto Hidrográfico. S.d.a. *Previsão de Marés*. Disponível em <<http://www.hidrografico.pt/>> Consultado em Janeiro 2010.

Instituto Hidrográfico. S.d.b. *Glossário Científico Marés*. Disponível em <<http://www.hidrografico.pt/>> Consultado em Dezembro 2009.

Ivar do Sul, J. A. 2005. *Lixo marinho na área de desova de tartarugas marinhas do litoral norte da Bahia: consequências para o meio ambiente e moradores locais*. Tese Monografia de Bacharelato. FURG.

INE Instituto Nacional de Estatística. 2010. Anuário Estatístico de Portugal. Disponível em <http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main> Consultado em Janeiro 2011.

Ivar do Sul, J. A.; Costa, M. F. 2007. *Marine Debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here?* Marine Pollution Bulletin 54 p.1087-1104 (doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.05.004).

Ivar do Sul, J. A.; Spengler, A.; Costa, M. F. 2008. *Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic).* Marine Pollution Bulletin (doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.05.004).

Jeavans, C. 2008. It's a wrap. *BBC News* (1 de Setembro de 2008). Disponível em <<http://news.bbc.co.uk>>. Consultado em Fevereiro 2010.

Lipovetsky, G. 2006. *A Felicidade Paradoxal - Ensaio sobre A Sociedade do Hiperconsumo*. Edições 70 2009 ISBN 978-972-44-1354-9.

Madzena, A.; Lasiak, T. 1997. *Spatial and Temporal Variations in Beach Litter on the Transkei Coast of South Africa*. Marine Pollution Bulletin, 34 (11) p.900-907.

MassDEP - Massachusetts Department of Environmental Protection. S.d. *Toxic & Hazards Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. Disponível em <<http://www.mass.gov/dep/>> Consultado em Janeiro 2010.

Mato, U.; Isobe, T.; Takada, H.; Kanehiro, H.; Ohtake, C.; Kaminuma, T. 2001. *Plastic Resin Pellet as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment*. Environmental Sciences and Technology 35 p.318-324 (doi: 10.1021/es0010498).

Mazzanti, M. 2008. *Is waste generation de-linking from economic growth? Empirical evidence for Europe*. Applied Economics Letters 15 p.287-291 (doi: 10.1080/13504850500407640)

McDermid e McMullen (2004). Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago. Marine Pollution Bulletin 48 p.790-794. (doi:10.1016/j.marpolbul.2003.10.017)

Moore, C. J. Gregorio, D.; Carreon, M.; Weisberg, S. B.; Leecaster, M. K. 2001a. *Composition and Distribution of Beach Debris in Orange County, California*. Marine Pollution Bulletin 42 (3) p.241-245.

Moore, C. J.; Moore, S. L.; Leecaster, M. K.; Weisberg, S. B. 2001b. *A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre*. Marine Pollution Bulletin vol.42 n.12.

Moore, C. J. 2008. *Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat*. Environmental Research 108 pp.131-139. (doi: 10.1016/j.envres.2008.07.025).

Morét-Ferguson, S.; Law, K. L.; Proskurowski, G.; Murphy, E. K. Peacock, E. E.; Reddy, C. M. (2010). *The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean*. Marine Pollution Bulletin 60 p.1873-1878. (doi:10.1016/j.marpolbul.2010.07.020)

NCEAS. National Center for Ecological Analysis and Synthesis. S.d. *A Global Map of Human Impacts to Marine Ecosystems*. Disponível em <<http://www.nceas.ucsb.edu/globalmarine>>. Consultado em Julho 2010.

Ng, K. L.; Obbard, J. P. 2006. *Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment*. Marine Pollution Bulletin vol.52 p.761-767 (doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.11.017).

Nollkaemper, A. 1994. *Laws of the sea. Land-based discharges of marine debris: from local to global regulation*. Marine Pollution Bulletin 28 (11) p.649-652.

Ogata, Y.; Takada, H.; Mizukawa, K.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Endo, S.; Mato, Y.; Saha, M.; Okuda, K.; Nakashima, A.; Murakami M.; Zurcher, N.; Booyatumanondo, R.; Zakaria, M.P.; Dung, L.Q.; Gordon, M.; Miguez, C.; Suzuki, S.; Moore, C.; Karapanagioti, H.K.; Weets, S.; McClurg, T.; Smith, W.; Velkenburg, M.V.; Lang, J.S.; Lang, R.C.; Laursen, D.; Danner, B.; Stewardson, N.; Thompson, R.C. 2009. *International pellet watch: global monitoring of persistent organic pollutants (POP) in coastal waters*. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. Marine Pollution Bulletin 58, p.1437–1446.

Ogi, H.; Fukumoto Y. 2000. *A Sorting Method for Small Plastic Debris Floating on the Sea Surface and Stranded on Sandy Beaches*. Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University 51 (2) pp.71-93. Disponível em <<http://hdl.handle.net/2115/24204>> Consultado em Dezembro 2009.

O'Sullivan, L. 2009. *Environmental Damage Caused by Discarded Plastic*. Disponível em <<http://www.suite101.com/sitemap.cfm>> Consultado em Dezembro 2009.

Pelley, J. 2008. *Tracking plastics' breakdown products*. Environmental Science & Technology 42 (14) p.5035-5036 (doi: 10.1021/es0871816).

Planete energies. S.d. *Plastics How long have they been used?* Disponível em <<http://www.planete-energies.com/content/oil-gas/petrochemistry/plastics.html>> Consultado em Janeiro 2010.

Plastics Europe. 2010. *Plastics – the Facts 2010 An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2009*. Disponível em <<http://www.plasticseurope.org/>>. Consultado em Novembro de 2010.

Plastics Europe. 2009. *The Compelling Facts About Plastics 2009 An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2008*. Disponível em <<http://www.plasticseurope.org/>> Consultado em Julho de 2010.

Plastics Europe. 2007. *The Compelling Facts About Plastics 2007 An analysis of plastics production, demand and recovery for 2007 in Europe*. Disponível em <<http://www.plasticseurope.org/>> Consultado em Julho de 2010.

Plastimar. S.d. Plastimar. Disponível em <<http://www.plastimar.pt/>> Consultado em Novembro 2010.

Público. 2008. A maior lixeira flutuante do mundo fica no oceano Pacífico e estende-se do Japão ao Havai (6 de Fevereiro de 2008). Disponível em <<http://ecosfera.publico.clx.pt/noticia.aspx?id=1318747&idCanal=92>> Consultado em Dezembro 2009.

Quye, A.; Williamson, C. 1999. *Plastics: Collecting and Conserving*. Edinburgh, Scotland: NMS Publishing.

Rees, G.; Pond, K. 1995. *Marine Litter Monitoring Programmes – A Review of Methods with Special Reference to National Surveys*. Marine Pollution Bulletin 30 (2) p.103-108.

Ribic, C. A.; Dixon, T. R.; Vining, I. 1992. *Marine Debris Survey Manual* (NOAA Technical Report) The National Marine Fisheries Service (NMFS) 108.

Ribic, C. A. 1998. *Use of Indicator Items to Monitor Marine Debris on a New Jersey Beach from 1991 to 1996*. Marine Pollution Bulletin vol 36 pp.887-891.

Rios, L. M.; Moore, C.; Jones, P. R. 2007. *Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment*. Marine Pollution Bulletin 54 p.1230-1237.

RMA – Rubber manufacturers association. S.d. *Rubber FAQs*. Disponível em <<http://www.rma.org/>> Consultado em Janeiro 2010.

Santos, I. R.; Friedrich, A. C.; Barretto, F. P. 2005. *Overseas garbage pollution on beaches of northeast Brazil*. Marine Pollution Bulletin 50 (7) p.783–786.

Santos, I. R.; Friedrich, A. C.; Ivar do Sul, J. A. 2009. *Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil*. Environ Monit Assess 148 p.455-462

Sealy, C. 2004. *Plastics break down on the beach*. Materials today (Julho/Agosto 2004).

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. S.d. Disponível em <<http://geo.snirh.pt/snirlit/site/consulta.php>> Consultado em Maio 2010.

Sjöström, M.; Östblom, G. 2010. *Decoupling waste generation from economic growth – A CGE analysis of the Swedish case*. Ecological Economics 69 p.1545-1552 (doi10.1016/j.ecolecon.2010.02.014).

Sponza, D. T.; Oztekin, R. 2010. *Destruction of some more and less hydrophobic PAHs and their toxicities in a petrochemical industry wastewater with sonication in Turkey*.

Takada, H.; Mato, Y.; Endo, S.; Yamashita, R.; Zakaria, M. P. 2005. *Pellet Watch: Global Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) using Beached Plastic Resin Pellet*.

TASNEE. 2009. *Annual Report*. Disponível em <<http://www.tasnee.com/>> Consultado em Abril 2010.

Teuten, E. L.; Rowland, S. J.; Galloway, T. S.; Thompson, R. C. 2007. *Potential for Plastics to Transport Hydrophobic Contaminants*. Environmental Sciences & Technology 41 p.7759-7764 (doi: 0.1021/es071737s).

Teuten, E. L.; Saquing, J. M.; Knappe, D. R. U.; Barlaz, M. A. Jonsson, S.; Björn, A.; Rowland, S. J.; Thompson, R. C.; Galloway, T. S., Yamashita, R.; Ochi, D.; Watanuki, Y.;

Moore, C.; Viet, P. H.; Tana, T. S.; Prudente, M.; Boonyatumanond, R.; Zakaria, M. P.; Akkhavong, K.; Ogata, Y.; Hiral, H.; Iwasa, S.; Muzukawa, K.; Hagino, Y.; Imamura, A.; Saha, M.; Takada, H. 2009. *Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife*. Philosophical Transactions of The Royal Society B 364, p.2027-2045 (doi: 10.1098/rstb.2008.0284).

The Ocean Conservancy. 2005. International Coastal Cleanup. Summary Report. United States. Disponível em <www.coastalcleanup.org>. Consultado em Abril 2010.

Sheavly, S. B. 2005. Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea. *Marine debris – an Overview of a Critical Issue for Our Oceans*. Disponível em <http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/consultative_process.htm> Consultado em Agosto 2010.

Sheavly, S. B. Register, K. M. 2007. *Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions*. J Polym Environ 15 p.301-305 (doi:10.1007/s10924-007-0074-3).

SPI - The Plastics Industry Trade Association. S.d. *Definitions of Resins*. Disponível em <<http://www.plasticsindustry.org>> Consultado em Janeiro de 2010.

Swanson, M. 2008. *Annual report*. Algalita Marine Research Foundation. Disponível em <<http://www.algalita.org>> Consultado em Janeiro de 2010.

The World Federation of Scientists. 2008. *The Plastic world: Sources, amounts, ecological impacts and effects on development, reproduction, brain and behavior in aquatic and terrestrial animals and humans*. Environmental Research 108 p.127-130 (doi: 10.1016/j.envres.2008.03.008).

Thompson, R. C.; Olsen, Y.; Mitchell, R. P.; David, A.; Rowland, S. J.; John, A. W.; McGonigle, D.; Russel, A. E.. 2004. *Lost at Sea: Where is All the Plastic?* Science vol 304. Disponível em <www.sciencemag.org> Consultado em Janeiro 2010.

Thompson, R.; Moore, C.; Andrady, A.; Gregory, M.; Takada, H.; Weisberg, S. 2005. *New Directions in Plastic Debris*. Science vol 310. Disponível em <www.sciencemag.org> Consultado em Dezembro 2009.

Thompson R.; Browne B.; Dissanayake A.; Galloway T.; Lowe D. 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.)". Environmental Science and Technology 42 (13) p.5026–5031.

Thompson, R.C.; Moore, C. J.; Saal, F. S.; Swan, S. H. 2009a. *Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends*. Philosophical Transactions of the Royal Society B 364 pp.2153-2166.

Thompson, R. C.; Swan, S. H.; Moore, C. J.; Saal, F. S. 2009b. *Our plastic age*. Philosophical Transactions of The Royal Society B 364 pp.1-4.

Topping P. 2000. *Marine Debris: A focus for Community Engagement*. Coastal Zone Canada Conference. Environmental Canada.

Tulloch, J. 2009. *Message in a Bottle: Plastics Poison the Pacific*. Allianz Knowledge. Disponível em <<http://knowledge.allianz.com/en/>> Consultado em Janeiro 2010.

UNEP – United Nations Environment Programme. 2009. *Marine Litter: A Global Challenge*. Nairobi. UNEP. Disponível em <<http://www.unep.org/>> Consultado em Novembro 2010.

Velander, K.; Mocogni, M. 1999. *Beach Litter Sampling Strategies: is there a 'Best' Method?* Marine Pollution Bulletin 38 (12) pp.1134-1140.

Vlietstra, L. C.; Parga, J. A. 2002. *Long-term changes in the type, but not amount, of ingested plastic particles in short-tailed shearwaters in the southeastern Bering Sea*. Marine Pollution Bulletin 44 p.945-955.

Wade, B. A.; Morrison, B.; Jones, M. A. J. 1991. *A Study of Beach Litter in Jamaica*. California Journal of Science vol.27 n.3-4 p.190-197.

Waste Online. 2009. *Plastics recycling information sheet*. Disponível em <www.wasteonline.org.uk>. Consultado em Agosto 2010.

WHO - World Health Organization. 2007. *The use of DDTs in malaria vector control WHO Position Statement. Global Malaria Programme*. Disponível em <<http://www.who.int/malaria/en/>> Consultado em Setembro 2010.

Wilber. R. J. 1987. Plastic in the North Atlantic. *Oceanus* 30 p.61-68.

Windguru. S.d. *Previsões meteorológicas para windsurf, kitesurf e outros desportos dependentes do vento*. Disponível em <<http://www.windguru.cz/pt/>> Consultado em Janeiro 2010.

5 Gyres. S.d. *5 Gyres*. Disponível em <http://5gyres.org/global_research/> Consultado em Fevereiro 2010.

Anexos

Anexo 1 – Estudo sobre o Impacte Humano Marinho: Costa Portuguesa

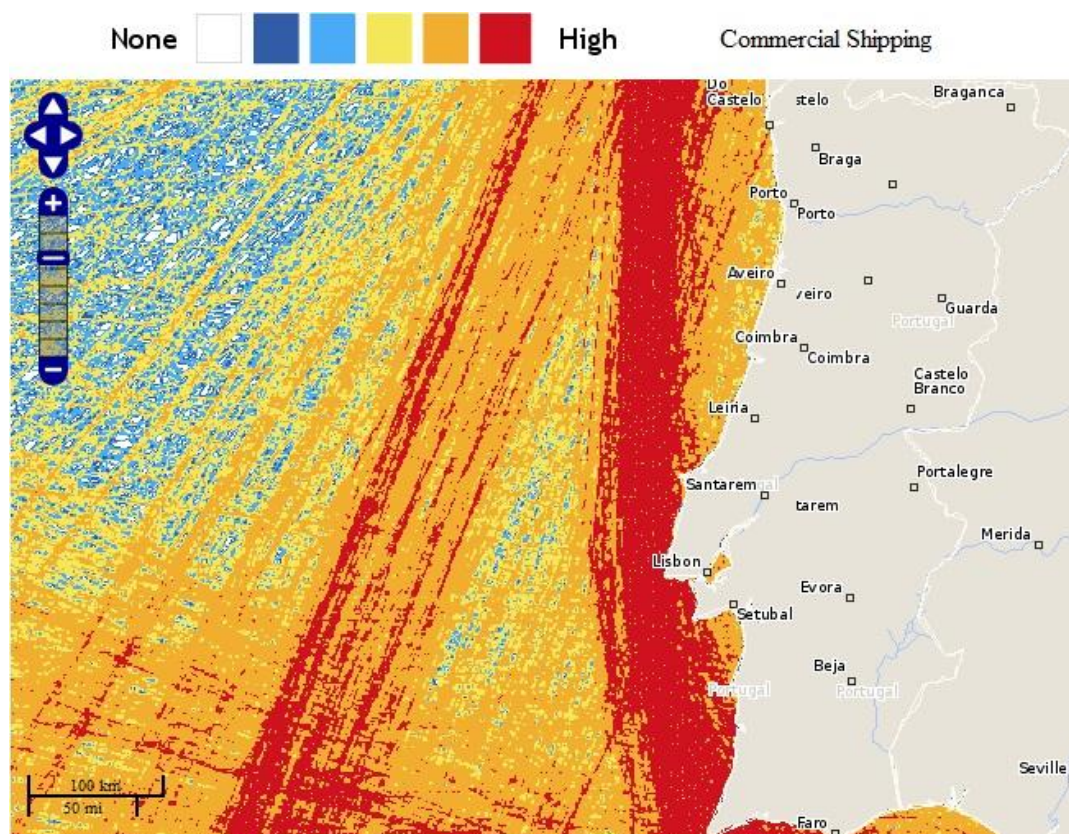


Figura A.1.1 – Impacte Humano, segundo fluxos de trânsito de embarcações comerciais (Halpern *et al.* 1998).

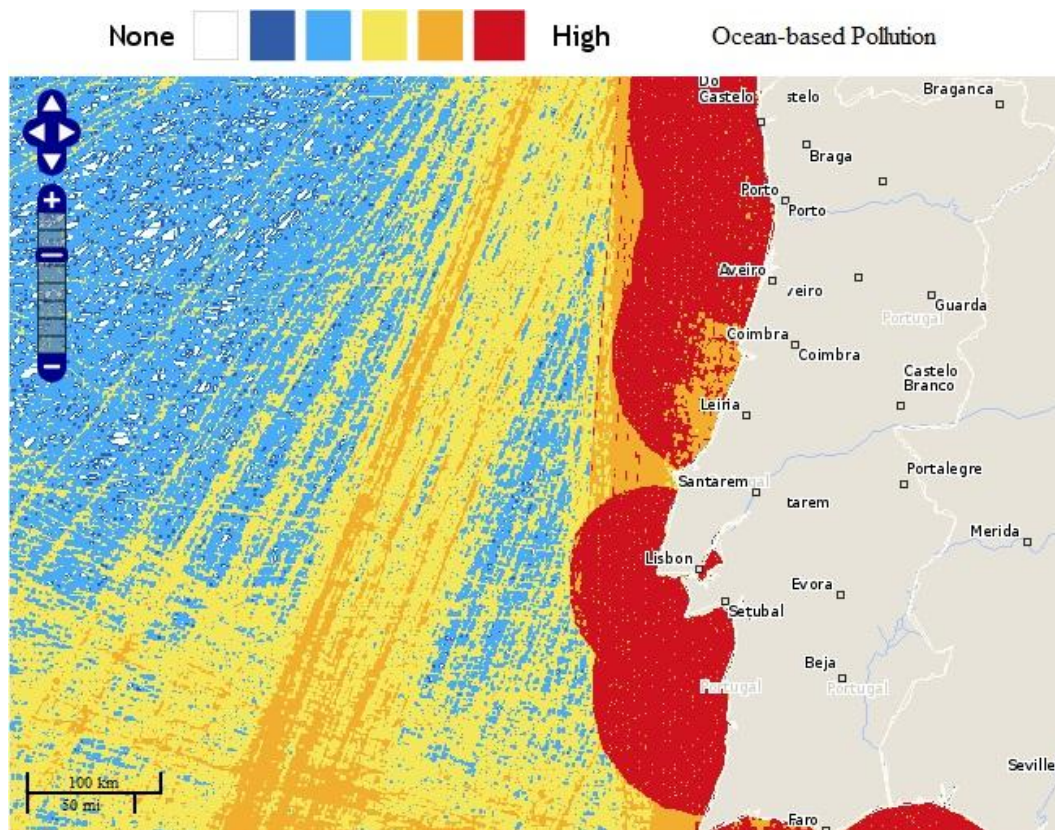


Figura A.1.2 - Impacte Humano, segundo poluição de origem aquática (Halpern *et al.* 1998).

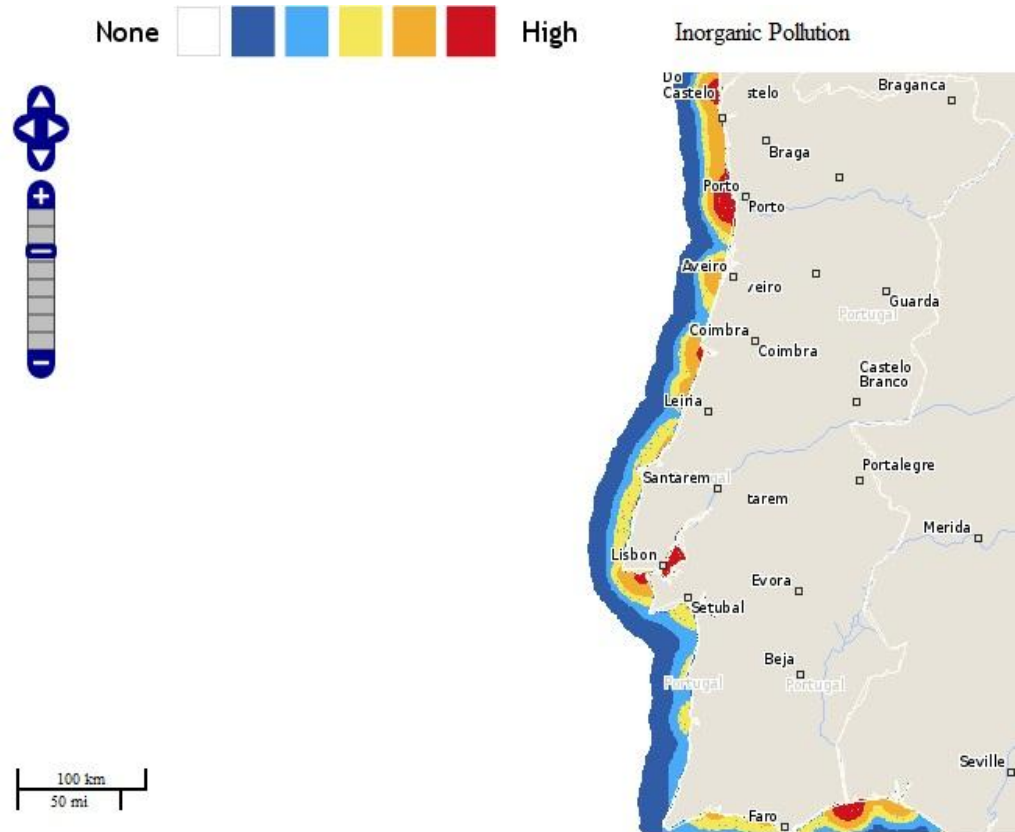


Figura A.1.3 - Impacte Humano, segundo poluição inorgânica (Halpern *et al.* 1998).

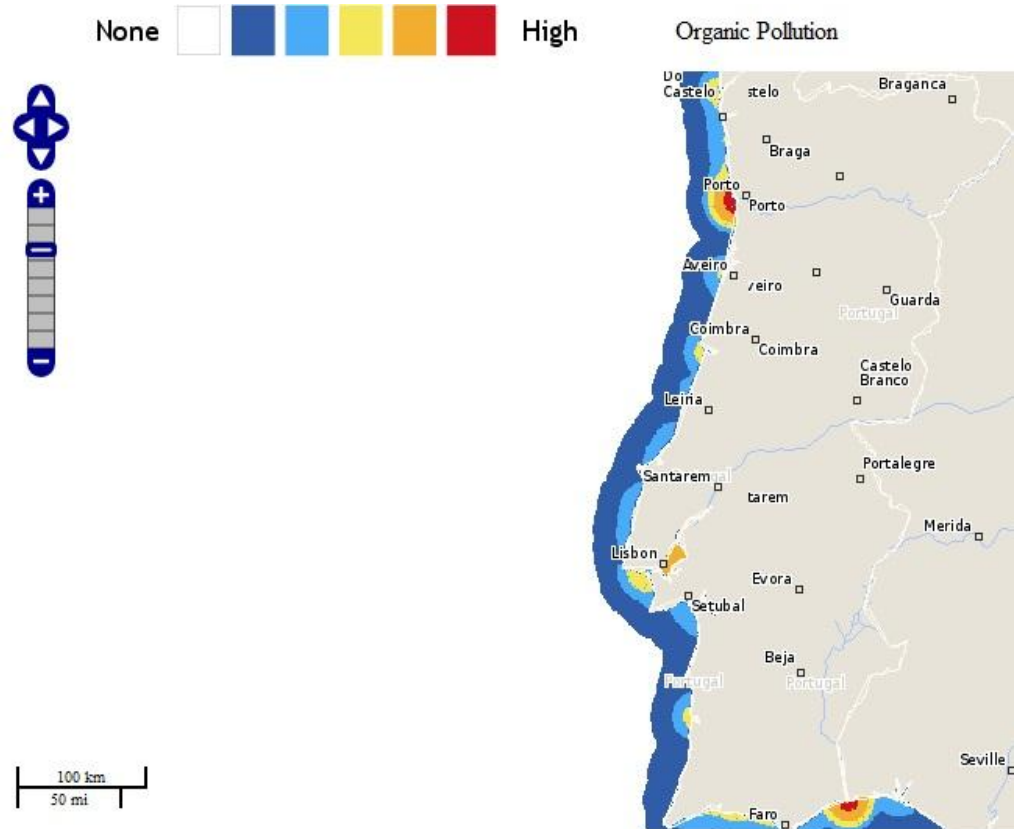


Figura A.1.4 - Impacte Humano, segundo poluição orgânica (Halpern *et al.* 1998).

Anexo 2 – Registo de dados durante amostragem

Data	_____
Hora	_____
Início	_____
Fim	_____
Unidade Amostragem	_____
Distrito/Localização	_____
Longitude/Latitude	_____
Maré	_____
Condições climáticas	_____
Condições físicas	
Declive praia / UA	_____
Substrato	_____
Comprimento (km)	_____
Aberta / Rodeada por arribas	_____
Comentários	_____

Figura A.2.1- Esquema para preenchimento, com identificação de cada praia amostrada, localização e características.

Anexo 3 – Classes originais de Ogi e Fukumoto (2010) para Categorização de Resíduos Plásticos

Figura A.3.1 – Classes definidas no estudo de Ogi e Fukumoto (2010).

Plastic Item (P-item)	Sub-item	Type of Debris
1 Resin pellets	1	Resin pellets
2 Plastic products	2	Flower-shaped plastic (yellow)
	3	Hard packing tape
	4	Twisted rope
	5	Caps
	6	Pull tabs, Inner caps, Packing
	7	Spherical pellets
	8	Containers
3 Fragments of plastic products	9	Fishing gear (float)
	10	Fragments of plastic products
	11	Straws
	12	Scraped refuse (pale blue color)
	13	Tube
	14	Cord
	15	Hard tape
	16	Spherical pellets
	17	Bubble-type pellets
4 Synthetic rubber	18	Fragments of sieve
	19	Synthetic rubber
5 Synthetic fiber	20	Elastic bands
	21	Mono-filament
	22	String, Soft tape
6 Styrofoam	23	Fiber
	24	Styrofoam
7 Sponge	25	Styrofoam coated with other materials
	26	Soft sponge
8 Plastic sheet (thickness : < 2 mm)	27	Hard sponge
	28	Plastic sheet
	29	Tape
9 Oil ball	30	Bags
	31	Oil ball

10	Paint	32	Paint
11	Cigaret filter	33	Cigaret butts
		34	Fragment of cigaret butts
12	Others (non-plastics)	35	Chewing gum
		36	Pieces of paper
		37	Aluminum foil
		38	Rubberized cloth with metal eyelet
		39	Pieces of wood
		40	Wax
		41	Pieces of cloth
		42	Pieces of glass
		43	Thread
		44	Aluminum caps
		45	Cork
		46	Waste thread
		47	Glue
13	Unidentified matters	48	Unidentified matters

Anexo 4 - Técnicas utilizadas para identificação de PCB, DDT e PAH

PCB e DDT

1. plásticos foram extraídos no extrator Soxhlet com hexano durante 17 h;
2. o extracto obtido foi purificado com coluna de Florisil, eluído com n-hexano (fracção I) e com hexano/diclorometano (fracção II);
3. cada uma das fracções foi novamente purificada com H_2SO_4 ;
4. os extractos foram injectados num cromatógrafo Hewlett Packard, modelo 6890 com coluna capilar J&W, DB5 (60 m) e amostrador automático. Na fracção I quantificam-se os congéneres de PCB e o pp' DDE e na fracção II o pp' DDD e o pp' DDT;
5. a quantificação dos vários compostos foi efectuada através de soluções padrão, utilizando o método do padrão externo e usando rectas de calibração com pelo menos sete concentrações dos compostos analisados. O limite de detecção para estes compostos é de 0,01 ng.g⁻¹ (peso seco) (Ferreira 2010, comunicação pessoal, Outubro 2010);
6. foram identificados 18 congéneres de PCB e 3 formas de DDT, respectivamente: 18, 26, 31, 44, 49, 52, 101, 105, 118, 128, 138, 149, 151, 153, 170, 180, 187, 194; e DDE, DDD e DDT.

PAH

1. adicionou-se a cada amostra um padrão interno deuterado (SUPELCO), composto por d10-acenafteno, d10-fenantreno, d12-criseno, d12-perileno;

2. a extracção foi efectuada no equipamento Dionex ASE 200 (extracção acelerada com solventes) com uma mistura de hexano:acetona (1:1) a 100 °C e 1500 psi durante 5 minutos, seguida de extracção estática de 5 minutos;
3. purificou-se o extracto obtido numa coluna cromatográfica de sílica:alumina (1:1)
4. eluíram-se os compostos PAH com 30 ml de hexano:diclorometano (9:1) e 40 ml de hexano:diclorometano (4:1)
5. concentrou-se a amostra e analisou-se os PAH por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS), com o equipamento DSQ Thermo, operando em modo SIM ("Selected Ion Monitoring mode").
6. os compostos foram identificados com base na comparação dos tempos de retenção e na razão dos iões (m/z) de uma solução padrão de PAH, de marca NIST (SRM 2260a), contendo os mesmos analitos. A quantificação foi efectuada através de rectas de calibração com pelo menos nove concentrações dessa solução padrão. Os limites de detecção para estes compostos variam entre 0,1 e 0,7 ng.g^{-1} (peso seco) (2010, comunicação pessoal, Outubro 2010).
7. Foram identificados 16 congéneres: antraceno (A), acenafteno (ANA), acenaftileno (ANY), benzo(a)antraceno (BA), benzo(a)pireno (BAP), benzo(b)fluoranteno (BBF), benzo(e)pireno (BEP), benzo(k)fluoranteno (BKF), benzo(g,h,i)perileno (BPE), criseno-fluoreno (CF), dibenzo(a,h)antraceno (DBA), fluoreno (F), fluoranteno (FL), indeno-[1,2,3-cd]pireno (IN), pireno (P), perileno (PY).

Anexo 5 - Condições meteorológicas e do mar durante a amostragem

Tabela A.5.1 - Dados das marés e condições climáticas durante amostragem das praias para Categorização de Plástico (adaptado de Winduguru 2010): A)Agudela, B)Cova de Alfarroba, C)Cresmina, D)Fonte da Telha, E)Bordeira.

Portugal - Matosinhos , Lat: 41.1782, Lon: -8.6934, Fuso horário: GMT+ [Detalhe / Mapa], Arquivos disponíveis: 11.09.2003 - 08.03.2010 A																								
GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
01.03.2010	19	20	21	18	17	11	9	12	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	1.8	1.8	1.9	2.1	2.2	2.2	2.1	→
02.03.2010	15	19	18	23	19	18	14	19	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	2	1.8	1.8	1.5	1.3	1.1	1	→
Portugal - Peniche & Baleal , Lat: 39.36, Lon: -9.36, Fuso horário: GMT+ [Detalhe / Mapa], Arquivos disponíveis: 08.05.2003 - 08.03.2010 B																								
GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
01.03.2010	32	31	34	27	23	15	7	17	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	2.9	3	3.1	3.2	3.2	3.1	3	→
02.03.2010	29	42	24	40	31	35	22	23	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	2.5	2.4	2.2	2.2	2.2	2.4	2.7	→
Portugal - Guincho , Lat: 38.7279, Lon: -9.471, Fuso horário: GMT+ [Detalhe / Mapa], Arquivos disponíveis: 16.03.2003 - 06.05.2010 C																								
GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
15.03.2010	21	19	19	20	9	11	6	2	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	↘
16.03.2010	14	17	10	15	10	11	3	7	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	↘
17.03.2010	5	10	11	19	17	19	11	18	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	0.8	1.2	1.6	2	2.2	2.4	2.4	↘
Portugal - Fonte da Telha , Lat: 38.5745, Lon: -9.1961, Fuso horário: GMT+ [Detalhe / Mapa], Arquivos disponíveis: 16.03.2003 - 08.03.2010 E																								
GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
28.02.2010	14	17	19	23	21	31	24	31	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	4.4	4.2	4	3.6	3.4	3.2	3.1	→
01.03.2010	28	26	25	18	18	13	8	17	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	3.1	3.1	3.2	3.2	3.1	3	2.9	→
Portugal - Carrapateira , Lat: 37.2, Lon: -8.9, Fuso horário: GMT+1 [Detalhe / Mapa], Arquivos disponíveis: 09.01.2006 - 06.10.2010 F																								
GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)							
	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h
28.02.2010	17	13	17	25	30	38	34	38	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	4.3	4.1	3.8	3.5	3.2	3	3	→
01.03.2010	31	25	15	13	16	18	15	27	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	3	3	3	2.9	2.9	2.8	2.6	→

Tabela A.5.2 - Altura marés para amostragem das praias para categorização de plástico, nos dias correspondentes aos dias de amostragem (excepto quando assinalado).

Praias	Hora	Maré Baixa (m)	Hora	Maré Alta (m)	Data amostragem	Fonte Dados
--------	------	----------------	------	---------------	-----------------	-------------

Caracterização de Resíduos Plásticos na Costa Portuguesa – Será um Microproblema?

AGU	9.59	0,2	16.09	3,7	02-03-2010	Porto de Leixões
	21.17					
COV	01-03-2010	0,2	3,34	3,9	02-03-2010	Peniche
	21.28					
CRE	17-03-2010	0,8	3.41	3,4	18-03-2010	Cascais
	20.23					
FON	28-02-2010	0,4	2.39	3,8	01-03-2010	Sesimbra
	20.27					
BOR	15-03-2010	0,8	2.39	3,3	16-03-2010	Sines

Tabela A.5.3 - Dados maré e condições climáticas durante amostragem das praias para avaliação do estado da costa (adaptado de Windguru 2010): A)Povoa do Varzim, B)Mira, C)Foz do Arelho, D) Bica, E)Carvalhal.

Portugal - Póvoa de Varzim, Lat: 41.3728, Lon: -8.7719, Fuso horário: GMT+1 [\[Detalhe / Mapa\]](#), Arquivos disponíveis: 09.12.2005 - 29.06.2010

GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)								Direcção da vaga								Precipitação (mm/3h)								
	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	02h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	23h	
12.03.2010	15	13	11	12	11	12	19	19	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	1.1	1.1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
13.03.2010	20	18	18	16	14	18	25	22	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	1	1	1	1	0.9	0.8	0.9	0.9	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

Portugal - Figueira Foz, Lat: 40.153, Lon: -8.8673, Fuso horário: GMT+0 [\[Detalhe / Mapa\]](#), Arquivos disponíveis: 22.03.2003 - 04.12.2010

GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)								Direcção da vaga								Precipitação (mm/3h)								
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	
12.03.2010	15	14	13	11	10	18	18	14	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
13.03.2010	19	12	12	10	11	17	24	22	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	

Portugal - Foz do Arelho, Lat: 39.43, Lon: -9.22, Fuso horário: GMT+0 [\[Detalhe / Mapa\]](#), Arquivos disponíveis: 16.03.2003 - 04.12.2010

GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)								Direcção da vaga								Precipitação (mm/3h)							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
13.03.2010	20	15	18	14	13	20	24	24	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.03.2010	25	20	20	19	16	14	12	16	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Portugal - Praia das Bicas, Lat: 38.4628, Lon: -9.1936, Fuso horário: GMT+0 [\[Detalhe / Mapa\]](#), Arquivos disponíveis: 16.03.2003 - 04.12.2010

GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)								Direcção da vaga								Precipitação (mm/3h)							
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h
14.03.2010	21	14	21	20	20	17	8	13	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.03.2010	21	18	17	18	8	9	7	1	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Portugal - Zambujeira do Mar, Lat: 37.5234, Lon: -8.7881, Fuso horário: GMT+0 [\[Detalhe / Mapa\]](#), Arquivos disponíveis: 22.11.2008 - 04.12.2010

GFS	Velocidade do vento (km/h)								Direcção do vento								Ondulação (m)								Direcção da vaga								Precipitação (mm/3h)								
	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	01h	04h	07h	10h	13h	16h	19h	22h	
14.03.2010	19	12	19	20	20	15	8	17	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	1.2	1.1	1	1	1	0.9	0.8	0.7	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
15.03.2010	25	19	16	19	14	16	13	9	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	0.8	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	

Tabela A.5.4 - Altura marés para amostragem Praias Estado da Costa, nos dias correspondentes aos dias de amostragem (excepto quando assinalado).

Praias	Hora	Maré Alta (m)	Hora	Maré Baixa (m)	Data amostragem	Fonte Dados
POV	13.59	3,0	19.57	0,9	13-03-2010	Porto de Leixões
MIR	1.33	3,1	7.40	0,9	13-03-2010	Figueira da Foz

Caracterização de Resíduos Plásticos na Costa Portuguesa – Será um Microproblema?

FOZ	14.13	3,1	20.13	0,8	14-03-2010	Peniche
BIC	2.11	3,3	8.22	0,8	15-03-2010	Sesimbra
CAR	14.28	3,2	20.27	0,8	15-03-2010	Sines

Anexo 6 – Registos fotográficos da categorização feita por tipo de resíduos plásticos

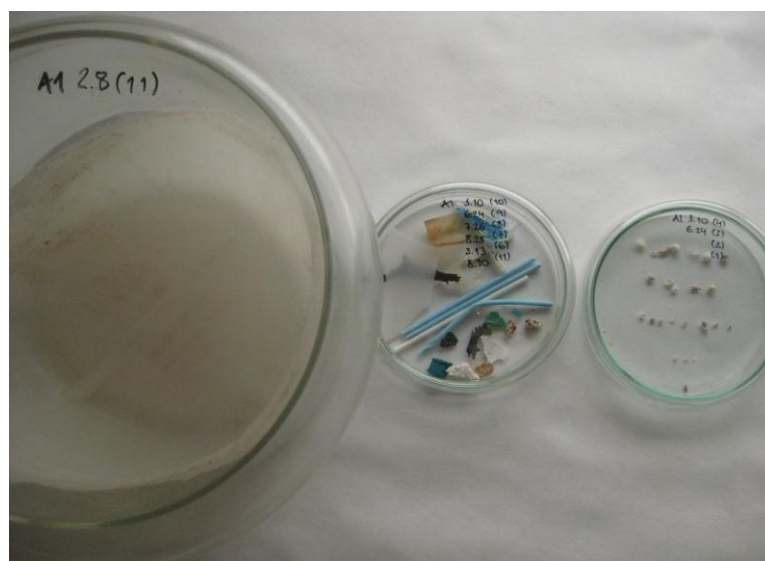




Figura A.6.1 - Categorização amostras Praia da Agudela: A1, A2, A3 (quadrados 0,5x0,5 m).





Figura A.6.2 - Categorização amostras Praia da Agudela: A4, A5 e A6 (quadrados 2x2 m).

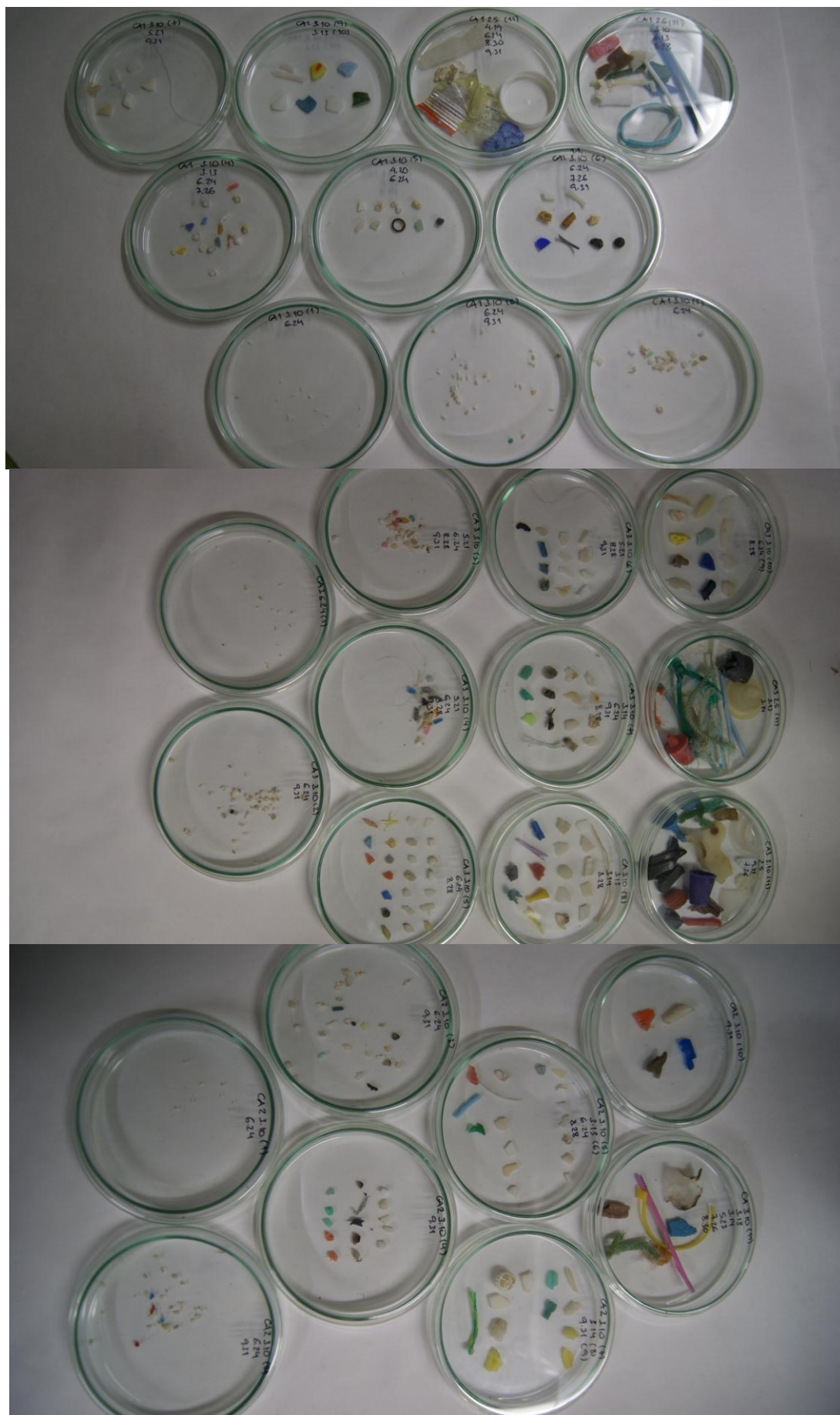


Figura A.6.3 - Categorização amostras Praia Cova de Alfarroba: CA1, CA2, CA3 (quadrados 0,5x0,5 m).

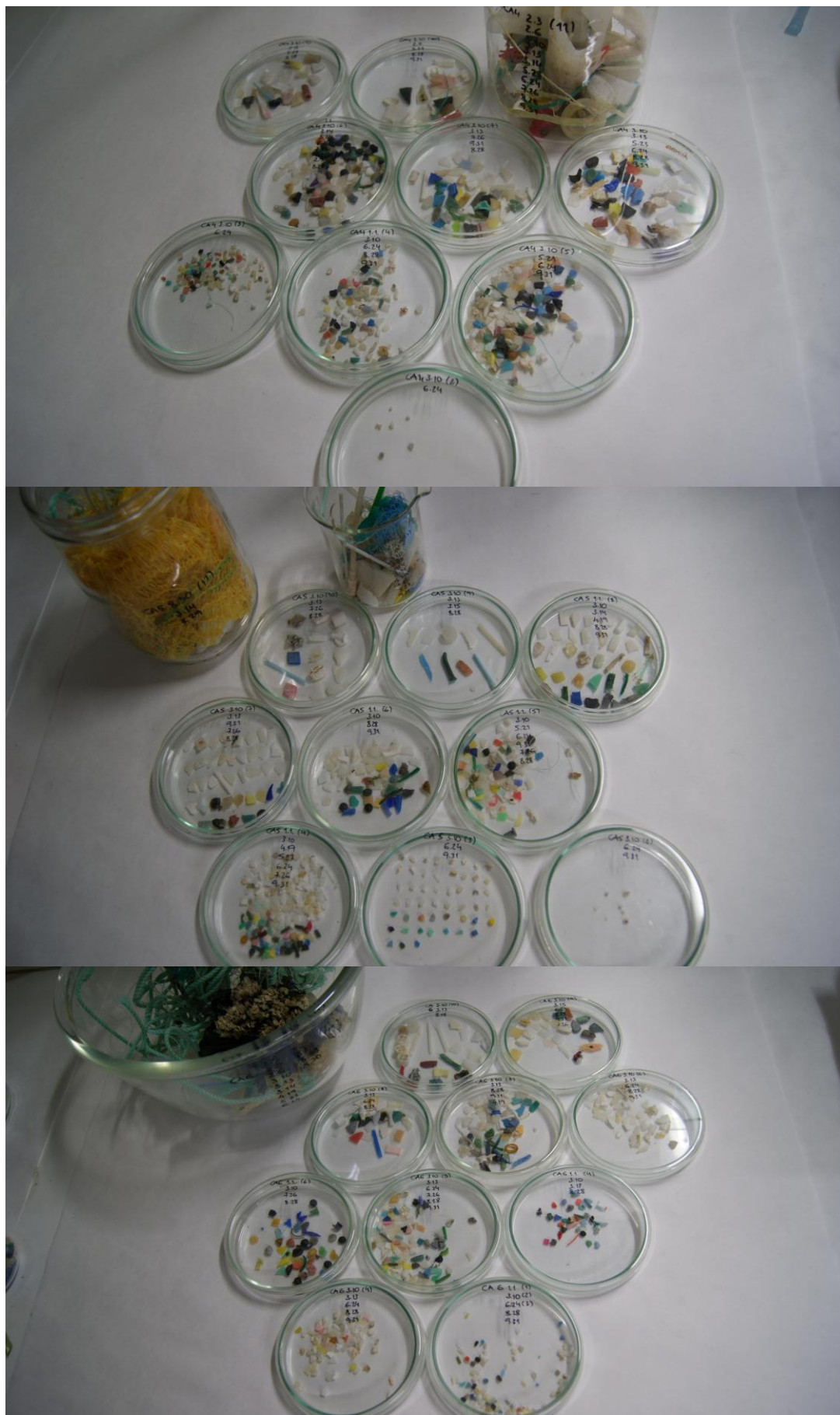


Figura A.6.4 - Categorização amostras Praia Cova de Alfarroba: CA4, CA5, CA6 (quadrados 2x2 m).

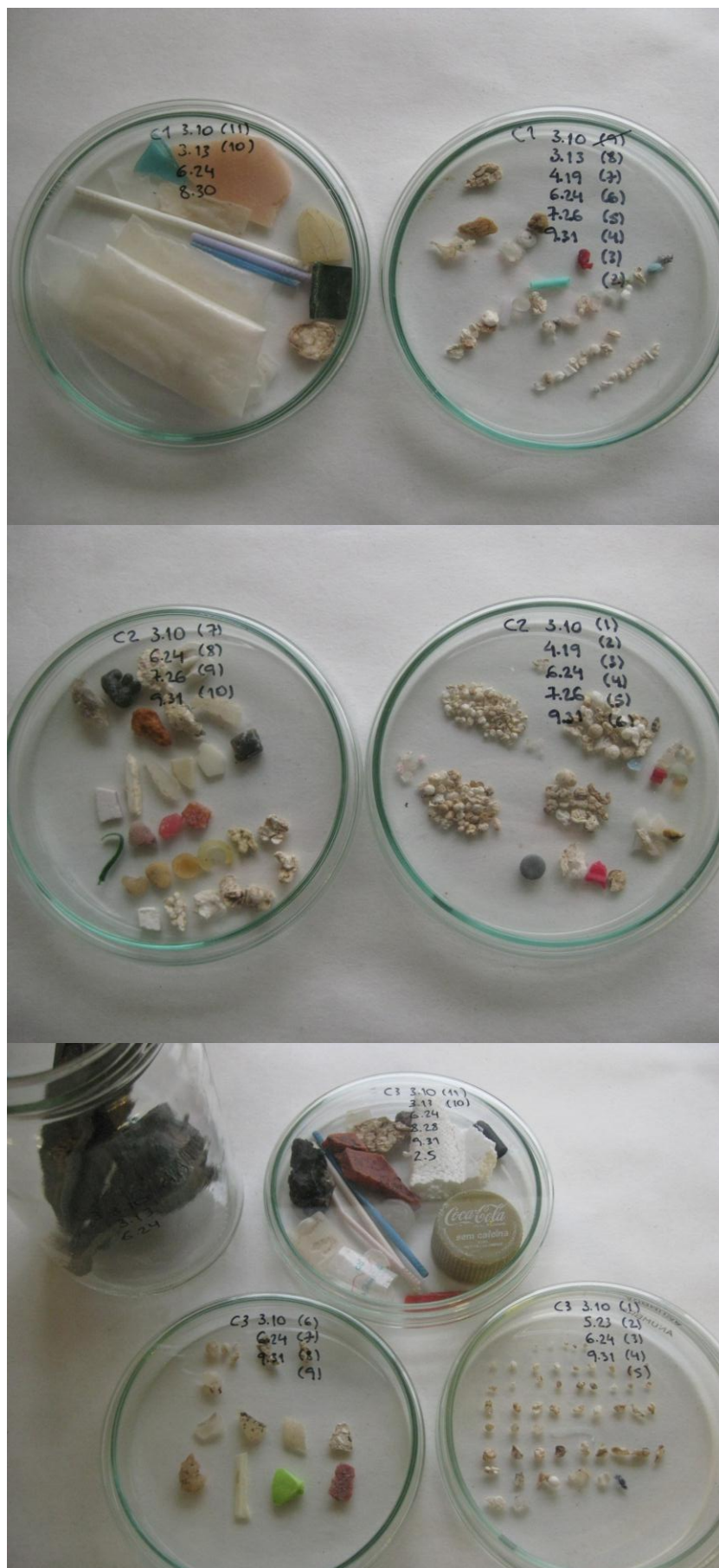


Figura A.6.5 - Categorização amostras Praia da Cresmina: C1, C2, C3 (quadrados 0,5x0,5 m)



Figura A.6.6 - Categorização amostras Praia da Cresmina: C4, C5, C6 (quadrados 2x2 m).



Figura A.6.7 - Categorização amostras Fonte da Telha: FT1, FT2, FT3 (quadrados 0,5x0,5 m).



Figura A.6.7 - Categorização amostras Fonte da Telha: FT4, FT5, FT6 (quadrados 2x2 m).

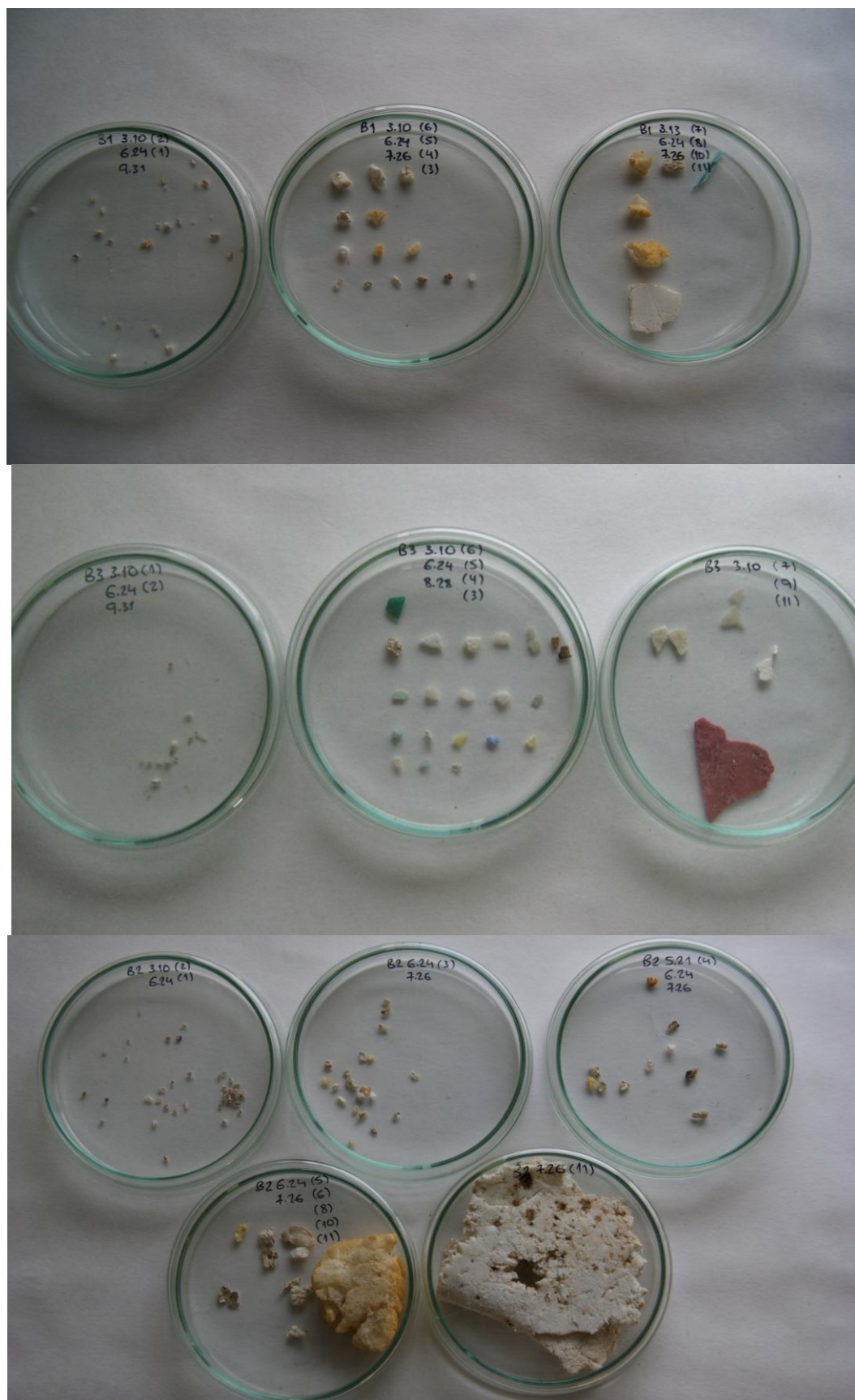


Figura A.6.9 – Categorização amostras praia da Bordeira: B1, B2, B3 (quadrados 0,5x0,5 m).

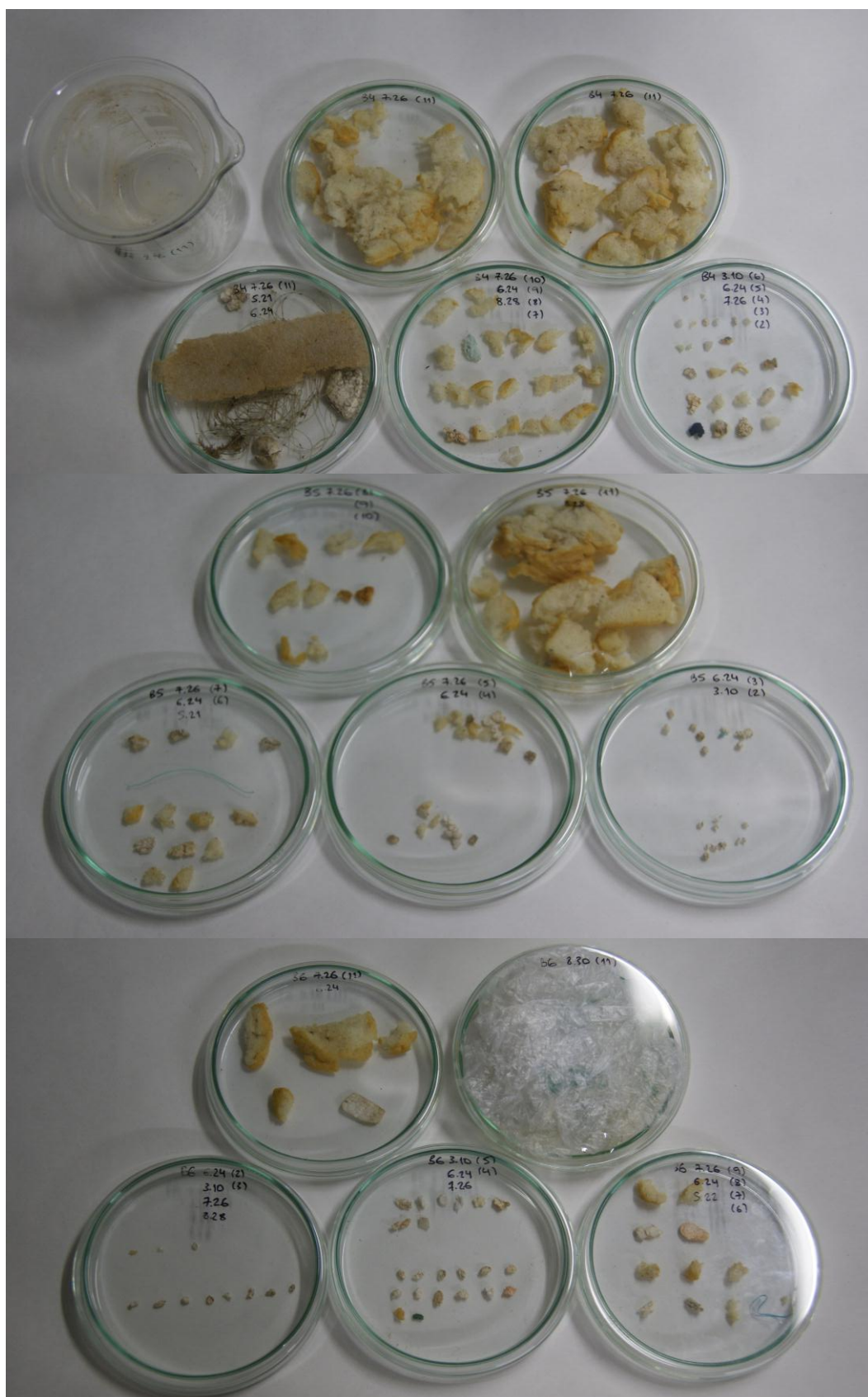


Figura A.6.10 - Categorização amostras praia da Bordeira: B4, B5, B6 (quadrados 2x2 m).

Anexo 7 – Resultados da ANOVA a um factor aplicada às principais classes de resíduos plásticos entre praias

Anexo A.7.1 - Resultados da ANOVA a um factor ($p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$) na classe 1.1. Pellet - Quadrados 0,5x0,5m, Programa Statistica 7.0®.

X_1 is *AGU-1.1*

$$Z_1 = X_0^2$$

Count: 3

Mean: 25

Standard Deviation: 18

X_2 is *COV-1.1*

$$Z_2 = X_1^2$$

Count: 3

Mean: 45711

Standard Deviation: 48124

X_3 is *CRE-1.1*

$$Z_3 = X_2^2$$

Count: 3

Mean: 23190

Standard Deviation: 24817

X_4 is *FON-1.1*

$$Z_4 = X_3^2$$

Count: 3

Mean: 422

Standard Deviation: 336

X_5 is *BOR-1.1*

$$Z_5 = X_4^2$$

Count: 3

Mean: 0

Standard Deviation: 0

Grand Mean: 13870

ANOVA Table

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sums of Squares	Mean Squares	Statistics
Treatments	4	4996836239	1249209060	F = 2
Error	10	5863905365	586390536	
TOTAL	14	10860741603		

Anexo A.7.2 - Resultados ANOVA a um factor ($p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$) na classe 1.1. Pellet - Quadrados 2x2m, Programa Statistica 7.0®.

X_1 is **AGU-1.1**

$$Z_1 = X_0^2$$

Count: 3

Mean: 2515

Standard Deviation: 1844

X_2 is **COV-1.1**

$$Z_2 = X_1^2$$

Count: 3

Mean: 605376

Standard Deviation: 460760

X_3 is **CRE-1.1**

$$Z_3 = X_2^2$$

Count: 3

Mean: 1318

Standard Deviation: 1368

X_4 is **FON-1.1**

$$Z_4 = X_3^2$$

Count: 3

Mean: 20089

Standard Deviation: 15016

X_5 is **BOR-1.1**

$$Z_5 = X_4^2$$

Count: 3

Mean: 0

Standard Deviation: 1

Grand Mean: 125860

ANOVA Table

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sums of Squares	Mean Squares	Statistics
Treatments	4	86306628342221	5766570856	F = 5
Error	10	42506156018542	506156018	
TOTAL	14	1288127843607		

Anexo A.7.3 - Resultados ANOVA a um factor ($p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$) na classe 3.10 Fragmentos plásticos - Quadrados 0,5x0,5m, Programa Statistica 7.0®.

X_1 is **AGU-3.10**

$Z_1 = \ln(X_0)$

Count: 3

Mean: 2

Standard Deviation: 0

X_2 is **COV-3.10**

$Z_2 = \ln(X_1)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 0

X_3 is **CRE-3.10**

$Z_3 = \ln(X_2)$

Count: 3

Mean: 3

Standard Deviation: 1

X_4 is **FON-3.10**

$Z_4 = \ln(X_3)$

Count: 3

Mean: 3

Standard Deviation: 0

X_5 is **BOR-3.10**

$Z_5 = \ln(X_4)$

Count: 3

Mean: 2

Standard Deviation: 1

Grand Mean: 3

ANOVA Table

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sums of Squares	Mean Squares	Statistics
Treatments	4	11	3	F = 7
Error	10	4	0	
TOTAL	14	15		

Anexo A.7.4 - Resultados ANOVA a um factor ($p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$) na classe 3.10 Fragmentos plásticos - Quadrados 2x2m, Programa Statistica 7.0®.

X_1 is **AGU-3.10**

$Z_1 = \ln(X_0)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 1

X_2 is **COV-3.10**

$Z_2 = \ln(X_1)$

Count: 3

Mean: 6

Standard Deviation: 0

X_3 is **CRE-3.10**

$Z_3 = \ln(X_2)$

Count: 3

Mean: 3

Standard Deviation: 1

X_4 is **FON-3.10**

$Z_4 = \ln(X_3)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 0

X_5 is **BOR-3.10**

$Z_5 = \ln(X_4)$

Count: 3

Mean: 2

Standard Deviation: 1

Grand Mean: 4

ANOVA Table

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sums of Squares	Mean Squares	Statistics
Treatments	4	29	7	F = 12
Error	10	6	1	
TOTAL	14	35		

Anexo A.7.5 - Resultados ANOVA a um factor ($p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$) na classe 6.24 Poliestireno – Quadrados 0,5x0,5m, Programa Statistica 7.0®.

X_1 is **AGU-6.247**.

$Z_1 = \ln(X_0)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 1

X_2 is **COV-6.24**

$Z_2 = \ln(X_1)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 0

X_3 is **CRE-6.24**

$Z_3 = \ln(X_2)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 1

X_4 is **FON-6.24**

$Z_4 = \ln(X_3)$

Count: 3

Mean: 6

Standard Deviation: 0

X_5 is **BOR-6.24**

$Z_5 = \ln(X_4)$

Count: 3

Mean: 3

Standard Deviation: 1

Grand Mean: 4

ANOVA Table

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sums of Squares	Mean Squares	Statistics
Treatments	4	13	3	F = 8
Error	10	4	0	
TOTAL	14	17		

Anexo A.7.6 – Resultados da ANOVA a um factor ($p < 0,05$ e $F_{\text{crítico}} = 2,78$) na classe 6.24 Poliestireno – Quadrados 2x2m, Programa Statistica 7.0®.

X_1 is **AGU-6.24**

$Z_1 = \ln(X_0)$

Count: 3

Mean: 5

Standard Deviation: 1

X_2 is **COV-6.24**

$Z_2 = \ln(X_1)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 1

X_3 is **CRE-6.24**

$Z_3 = \ln(X_2)$

Count: 3

Mean: 4

Standard Deviation: 1

X_4 is **FON-6.24**

$Z_4 = \ln(X_3)$

Count: 3

Mean: 6

Standard Deviation: 0

X_5 is **BOR-6.24**

$Z_5 = \ln(X_4)$

Count: 3

Mean: 3

Standard Deviation: 1

Grand Mean: 4

ANOVA Table

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sums of Squares	Mean Squares	Statistics
Treatments	4	17	4	F = 12
Error	10	4	0	
TOTAL	14	20		

Anexo 8 – Concentrações de POP em pellet pela técnica de Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa

Tabela A.8.1 - Concentrações POP (ng.g⁻¹) em pellet brancos, envelhecidos e coloridos – praias AGU – Agudela, COV – Cova de Alfarroba, CRE – Cresmina e Fonte da Telha - FON (IPIMAR 2010).

	Amostras	FONb	FONe	CREb	CREe	COVb	COVc	COVe	AGUb
POP (ng.g ⁻¹)									
	18	2,0	1,43	0,32	0,73	1,73	1	0,61	1,15
	26	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	31	1,44	1,19	0,28	0,66	1,16	1,14	0,53	0,96
	52	1,27	1,65	0,21	0,79	0,55	1,33	0,23	0,72
	49	0,55	0,74	0,06	<0.01	0,1	0,81	0,05	0,36
	44	1,67	27,65	0,25	27,25	0,4	1,26	0,27	0,69
	101	1,08	10,32	1	2,3	0,4	1,42	0,13	2,16
	151	0,84	<0.01	0,48	0,01	0,18	0,07	0,48	1,57
	149	4,46	4,82	2,07	0,93	0,56	0,08	<0.01	<0.01
PCB	118	0,59	45,57	0,78	8,54	0,13	3,38	0,9	5,3
	153	4,26	0,06	2,42	6,75	0,44	<0.01	0,32	6,69
	105	0,97	10,52	0,15	2,23	0,48	1	0,27	1,33
	138	6,77	<0.01	2,75	<0.01	0,47	<0.01	0,78	6,68
	187	5,54	1,21	1,3	0,04	0,27	<0.01	0,94	4,33
	128	0,82	<0.01	0,35	<0.01	<0.01	<0.01	0,07	0,59
	180	2,82	0,02	1,28	<0.01	0,14	<0.01	<0.01	3,39
	170	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	194	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	∑PCB	35,1	105,2	13,7	50,2	7,0	11,5	5,6	35,9
	DDE	3,01	9,00	0,38	2,57	0,38	0,59	0,16	0,69
	DDD	1,12	2,51	0,47	5,77	0,09	1,74	0,23	0,43
DDT	DDTS	9,88	74,36	3,25	13,00	0,73	4,31	1,87	9,96
	∑DDT	14,0	85,9	4,1	21,3	1,2	6,6	2,3	11,1
	ANY	0,30	3,45	0,64	2,69	0,43	0,45	0,62	0,35
	ANA	4,09	6,84	7,93	4,54	4,58	1,42	10,16	2,59
	F	4,79	4,01	2,72	3,05	2,34	2,13	2,75	2,05
	P	19,38	23,45	11,95	12,40	7,05	15,08	14,72	7,97
	A	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,52	3,23	4,13	<0.1
	FL	11,57	19,30	5,65	5,13	5,57	17,17	8,20	8,67
	PY	19,77	42,07	5,99	10,51	5,61	25,83	16,28	7,13
	BA	<0.5	3,74	<0.5	<0.5	<0.5	1,14	<0.5	0,57
PAH	C	<0.5	24,70	0,66	4,25	1,48	4,25	12,23	1,82
	BBF	<0.8	60,15	2,03	1,92	1,02	3,56	4,49	8,01
	BKF	<0.5	27,65	7,16	2,04	8,66	0,57	5,28	20,94
	BEP	3,24	67,37	<0.4	7,63	3,31	6,40	30,98	3,02
	BAP	<0.6	<0.6	<0.6	1,94	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
	IN	<0.5	195,03	<0.5	11,53	<0.5	9,07	<0.5	<0.5
	DBA	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	BPE	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
	∑PAH	63,1	477,8	44,7	67,6	40,6	90,3	109,8	63,1

Anexo 9 – Espectros para identificação de polímeros pela técnica de Espectroscopia de Infravermelhos por Transformada de Fourier

3.10FT1 e 6.24

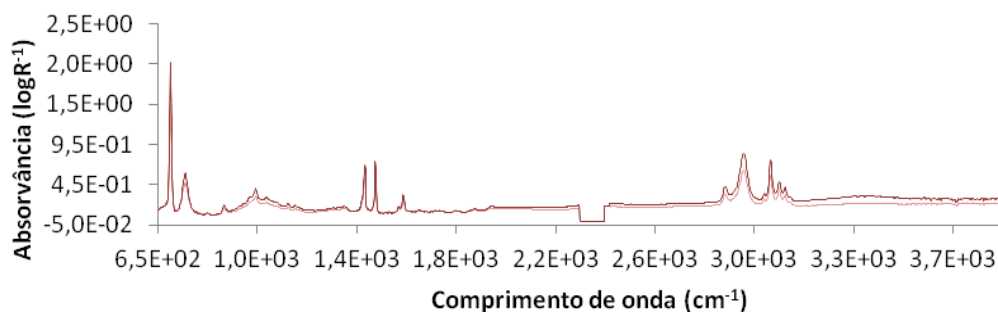


Figura A.9.1 - Espectro para amostra 3.10FT1 (vermelho claro) e 6.24 (vermelho escuro).

Poly(styrene)

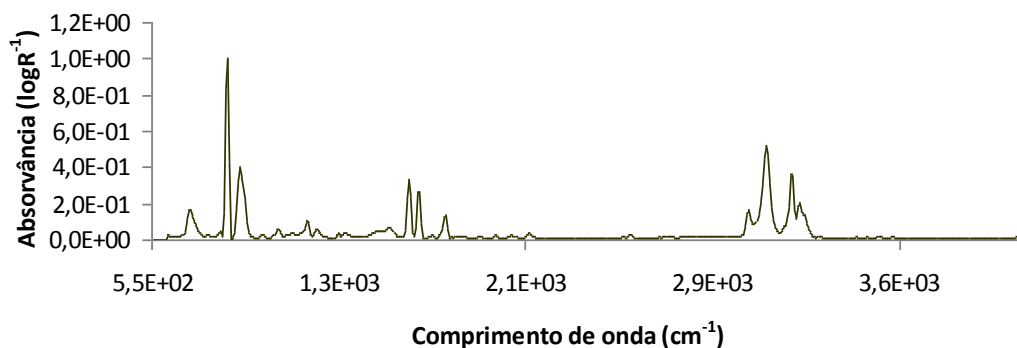


Figura A.9.2 - Resultado da base de dados do Programa Omnic - espectro electromagnético padrão próximo do espectro da amostra 3.10FT1 e 6.24.

3.10 FT3

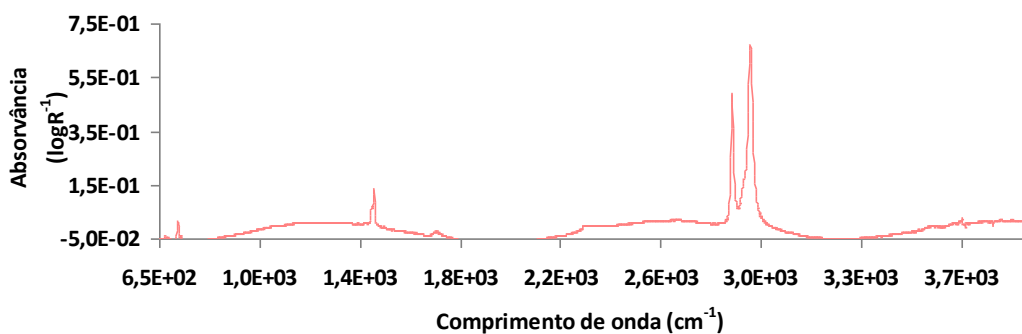


Figura A.9.3 - Espectro para amostra 3.10FT3.

BERKELEY AND CO. BERKELEY POLYETHYL

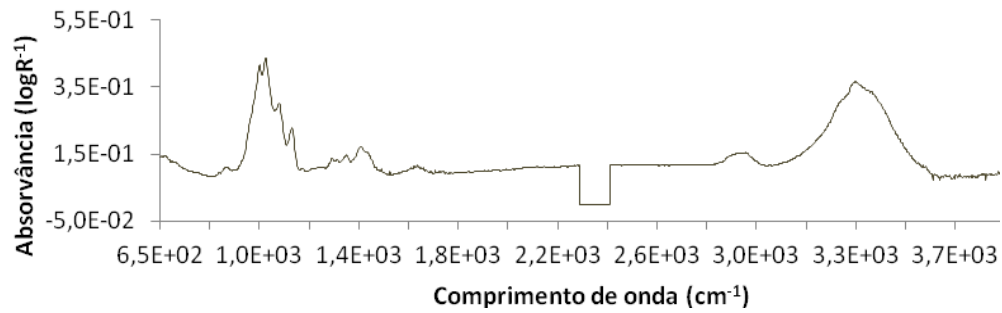


Figura A.9.4 - Resultado da base de dados do Programa Omnic - espectro electromagnético padrão próximo do espectro da amostra 3.10FT3.

5.21FT1

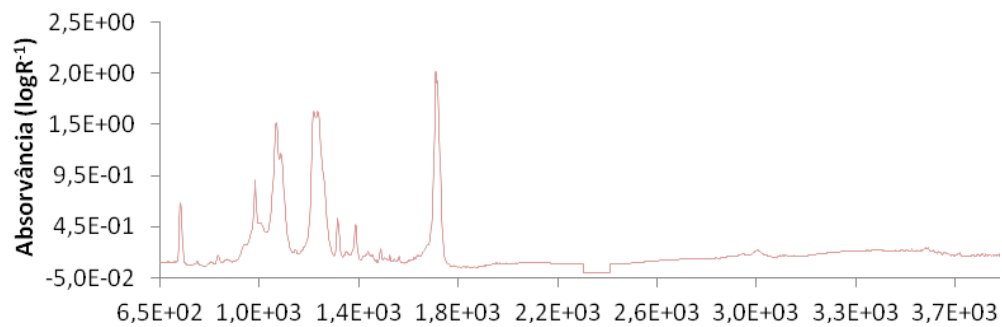


Figura A.9.5 - Espectro para amostra 5.21FT1.

Polyester

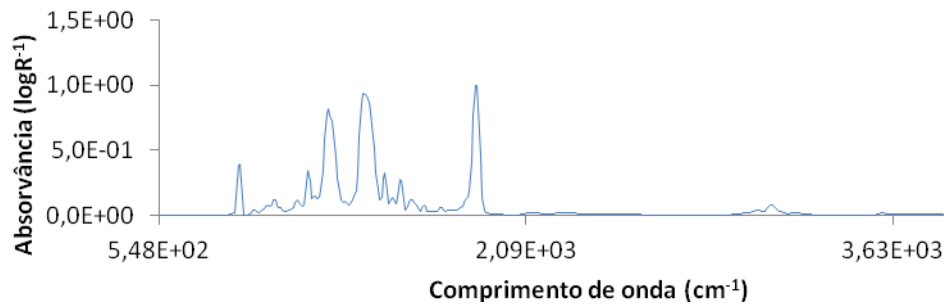


Figura A.9.6 - Resultado da base de dados do Programa Omnic - espectro electromagnético padrão próximo do espectro da amostra 5.21FT1.

5.23FT1



Figura A.9.7 - Espectro para amostra 5.23FT1, 2010.

CORTAULDS COLORAY

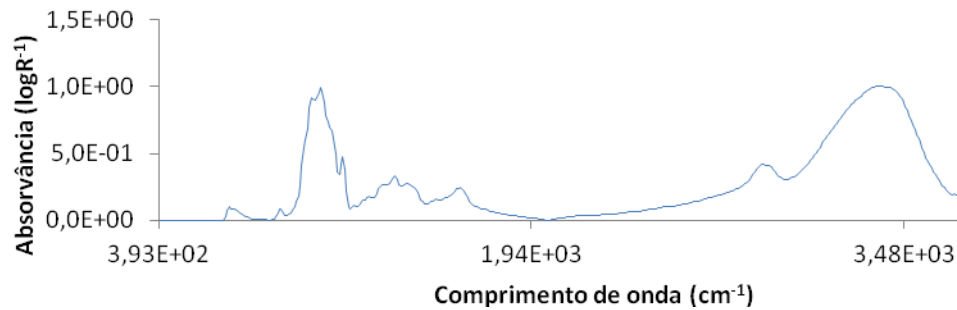


Figura A.9.8 - Resultado da base de dados do Programa Omnic - espectro electromagnético padrão próximo do espectro da amostra 5.23FT1.

7.26

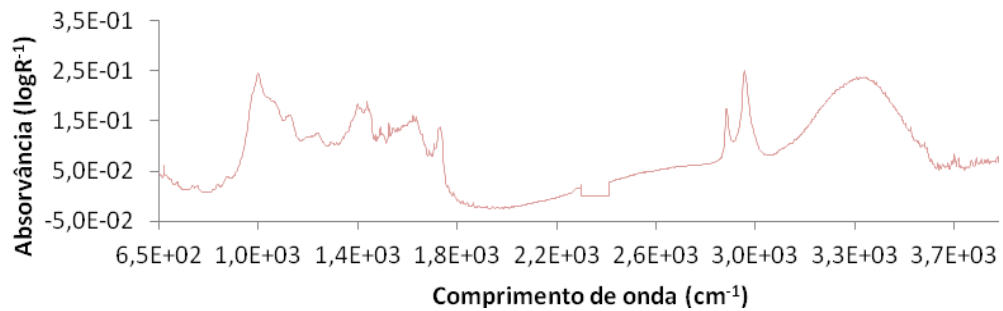


Figura A.9.9 - Espectro para amostra 7.26.

Disperse AYD-6

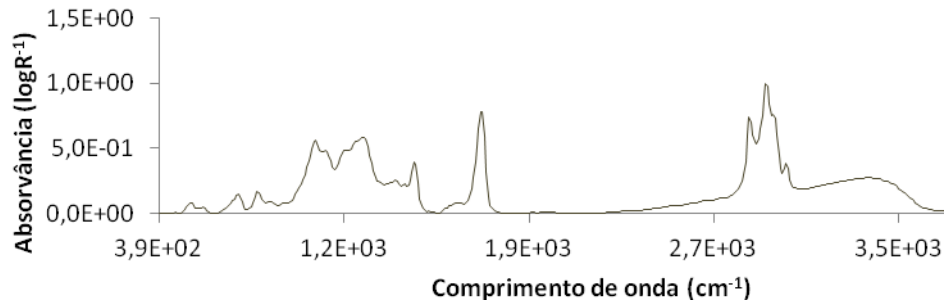


Figura A.9.10 - Resultado da base de dados do Programa Omnic - espectro electromagnético padrão próximo do espectro da amostra 5.21.

3.10FT2

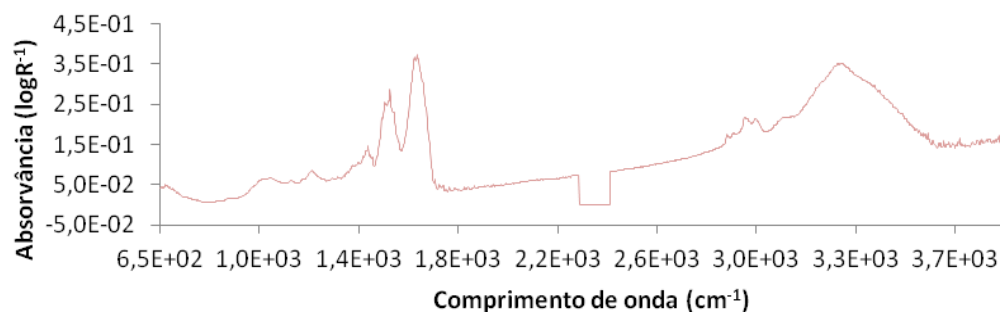


Figura A.9.11 - Espectro para amostra 3.10FT2.

Chymotrypsin

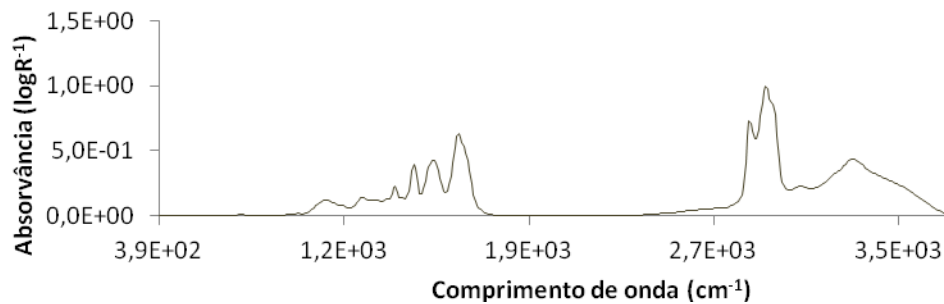


Figura A.9.12 - Resultado da base de dados do Programa Omnic - espectro electromagnético padrão próximo do espectro da amostra 3.10FT2.